

Canvi climàtic i malalties infeccioses

**Memòria del projecte final de carrera
Llicenciatura de Ciències Ambientals – 2010
Facultat de Ciències**

Jaume Coll del Cura

Directores:

Dra. Núria Gaju Ricart

Dra. Maira Martínez Alonso

Departament de Genètica i Microbiologia



Aquest projecte ha estat imprès en paper lliure de clor,
avaluat per l'etiqueta ecològica de Noruega, que garanteix
que es generen les mínimes emissions durant la seva
producció.



Agraïments

Agraeixo al Dr. Joan Jofre la informació i coneixements facilitats.

Dono les gràcies a Andrea Richter i al Dr. Xavier Rodó per la seva atenció i per les explicacions sobre els coneixements actuals referents al canvi climàtic i malalties infeccioses.

No tinc prou paraules per agrair a la Dra. Núria Gaju i a la Dra. Maira Martínez.

Existeixen poques sensacions millors que sentir-se recolzat, i és així com m'he sentit realitzant aquest projecte gràcies a elles. Tot el que digui és poc. Sincerament, gràcies.

ÍNDEX

Agraïments	I
Índex	III
Índex de taules i figures	VI
1. Introducció	1
2. Objectius.....	4
3. Antecedents	5
4. El canvi climàtic	9
5. Canvi climàtic i salut.....	15
5.1. Efectes del canvi climàtic sobre la salut.....	17
5.2. Canvi climàtic i malalties infeccioses	20
5.2.1. Malalties infeccioses transmeses per vectors i zoonòtiques.....	21
5.2.2. Malalties infeccioses transmeses per l'aigua.....	23
6. Malalties infeccioses emergents i reemergents	26
6.1. Previsions estacionals multimodel	29
6.2. El per què de les malalties emergents i reemergents	30
6.3. Efectes del canvi climàtic sobre les malalties infeccioses.....	33
6.3.1. Malalties transmeses per l'aigua	33
6.3.2. Malalties transmeses per l'aire	35
6.3.3. Malalties transmeses per vectors	36
6.3.4. Zoonosis	37
7. Les malalties infeccioses vs el canvi climàtic	38
7.1. Chikungunya.....	38
7.1.1. Descripció.....	38
7.1.2. Distribució a nivell mundial	39

7.1.3. Emergència i/o reemergència	39
7.2. Còlera	40
7.2.1. Descripció.....	40
7.2.2. Distribució a nivell mundial	41
7.2.3. Emergència i/o reemergència	42
7.3. Dengue.....	44
7.3.1. Descripció.....	44
7.3.2. Distribució a nivell mundial	45
7.3.3. Emergència i/o reemergència	46
7.4. Febre del Nil Occidental.....	50
7.4.1. Descripció.....	50
7.4.2. Distribució a nivell mundial	51
7.4.3. Emergència i/o reemergència	51
7.5. Febre groga.....	55
7.5.1. Descripció.....	55
7.5.2. Distribució a nivell mundial	56
7.5.3. Emergència i/o reemergència	56
7.6. Malària.....	56
7.6.1. Descripció.....	57
7.6.2. Distribució a nivell mundial	58
7.6.3. Emergència i/o reemergència	59
7.7. Tuberculosi	62
7.7.1. Descripció.....	62
7.7.2. Distribució a nivell mundial	63
7.7.3. Emergència i/o reemergència	64
7.8. Altres malalties infeccioses	64
7.8.1. Leishmaniosis	64
7.8.2. Malalties transmeses per paparres	64
7.8.3. Pesta bubònica	65
8. A Catalunya	67
8.1. Antecedents i incidència actual	68
8.2. Què cal esperar	69

9. Possibles solucions	72
9.1. Canvi climàtic.....	72
9.2. Malalties infeccioses.....	73
9.2.1. Possibles solucions per les malalties transmeses per vectors i zoonosis	74
9.2.2. Possibles solucions per les malalties transmeses per l'aigua	76
9.3. Perspectiva personal sobre possibles actuacions	78
10. Epíleg	81
11. Conclusions	86
 Bibliografia	 88
Annexos	105

ÍNDIX DE TAULES I FIGURES

Taula 5.1.: Conseqüències més conegudes i probables sobre la salut relacionades amb el canvi climàtic.....	17
Taula 6.1.: Llista de virus emergents, la seva família, i els factors de la seva emergència.....	27
<hr/>	
Figura 4.1.: Evolució de les emissions de CO ₂ paral·lela a l'increment tèrmic	11
Figura 4.2.: Nombre d'incendis a les províncies de Barcelona, Tarra- gona, Castelló i València durant els mesos de juny a setembre de 1970 a 1994, i nombre de dies d'alt risc d'incendi per causes climàtiques.....	12
Figura 5.1.: Diagrama on es representa que la salut humana depèn de factors climàtics.....	15
Figura 5.2.: Diagrama esquemàtic de les vies les quals el canvi climà- tic afecta a la salut.	16
Figura 5.3.: Increment de la mortalitat diària a Paris amb l'onada de calor del 2003.	18
Figura 5.4.: Epidemiologia de la pesta del bacteri <i>Yersinia pestis</i>	21
Figura 6.1.: Brots recents de malalties infeccioses emergents i reemergents.	28
Figura 6.2.: Taxa de descobriment de patògens emergents a l'aigua.....	34
Figura 6.3.: Distribució de patògens emergents a l'aigua per grups.	34
Figura 6.4.: Distribució esperada de la paparra del gènere <i>Ixodes</i> al Canadà en anys successius.	36

Figura 7.1.: Països i àrees de risc de Chikungunya, any 2009.	39
Figura 7.2.: Zones que comunicaren brots de còlera, entre 2007-2009.	41
Figura 7.3.: Relació entre la temperatura superficial del mar (SST) i els casos de còlera a Bangla Desh, al 1994.	43
Figura 7.4.: Distribució del vector <i>Aedes aegypti</i> i del dengue al pla- neta, any 2000.	45
Figura 7.5.: Països i àrees de risc del dengue, any 2006.	46
Figura 7.6.: Països i àrees de risc del dengue, any 2009.	46
Figura 7.7.: Casos confirmats de DHF a Amèrica llatina, abans de 1981 vs. 1981-2003.	47
Figura 7.8.: Nombre de casos de dengue (DF) a Sud-Amèrica (eix y) des del 1980 fins a l'any 2001 (eix x).	48
Figura 7.9.: Nombre de casos anuals de DHF respecte el nombre de països.	49
Figura 7.10.: Nombre de casos de febre hemorràgica (DHF), fins al 1996..	49
Figura 7.11.: Distribució actual del mosquit vector del dengue <i>A. aegyptii</i> a Austràlia (A) i previsions futures (B).	50
Figura 7.12.: Nombre de casos de febre del Nil Occidental als diferents estats d'EUA, al 2006.	52
Figura 7.13.: Dispersió del virus del Nil Occidental als EUA durant: (A) 1999; (B) 2000; (C) 2001; (D) 2002; (E) 2003.	53
Figura 7.14.: Països i àrees de risc per la febre groga, any 2008.	56
Figura 7.15.: Països i àrees de risc de transmissió de malària, any 2009.	59
Figura 7.16.: Relació entre variacions de temperatures al novembre i casos de malària al nord-est del Pakistan, entre 1981 i 1991.	60
Figura 7.17.: Estimació mundial de nous casos de tuberculosi, any 2007.	63

1. Introducció

La crisi ecològica també és un problema de la ment. No només és un fenomen de l'evolució de la matèria, ni de l'evolució de la vida, sinó pròpiament de l'evolució de la cultura.

ERNEST GARCIA

El canvi climàtic en el segle XXI és una realitat (Bernstein *et al.*, 2009). Es pot discutir sobre quines seran les seves conseqüències a mitjà i llarg termini, però és un fet innegable. Tot i que existeix una evident polarització de les polèmiques ambientals en el tema de l'escalfament global, el Panell Intergovernamental d'experts sobre el Canvi Climàtic (IPCC) de les Nacions Unides va donar al 2001, amb una sèrie d'antecedents que es remunten des de 1890 i amb treballs de l'investigador suec Arrhenius, la senyal d'alarma: les quatre glaciacions en els últims 400.000 anys, van permetre els mateixos períodes interglacials, on va florir la vida; però en la interglaciació actual, els humans ho han alterat tot amb les seves creixents emissions de gasos d'efecte hivernacle, el que generalment es coneix com la *incidència antròpica* (IPCC, 2001). Les troballes sobre la qüestió es van anar fent més evidents i concloents, i la primera institucionalització per reaccionar enfront aquest fenomen es va aconseguir amb el Conveni Marc sobre Canvi Climàtic, firmat a Rio de Janeiro al juny de 1992, en ocasió de la Cimera de la Terra.

Les evidències que les activitats humanes són les responsables de l'escalfament global estan demostrades. La temperatura mitjana superficial del planeta es va incrementar 0,74°C entre el 1906 i el 2005, segons el quart informe de l'IPCC del 2007 (IPCC, 2007). Aquest informe segueix les edicions del 1990 –dos anys posterior a la creació d'aquesta comissió integrada per més de dos mil experts de tot el món–, del 1995 i del 2001, i també ratifica els primers indicis d'escalfament i revela alguns dels seus efectes.

Però l'escalfament del planeta no és l'únic problema directe del canvi climàtic; la manca d'aigua, els canvis en els usos del sòl, la destrucció de la capa d'ozó que indirectament afecta a la vida, la contaminació atmosfèrica, són algunes de les conseqüències d'aquest fenomen que ocasionarà danys directes o indirectes a la humanitat i a les altres formes de vida (IPCC, 2007).

Una de les conseqüències que habitualment s'atribueixen al canvi climàtic és que provocarà una alteració en l'epidemiologia de les malalties infeccioses (Jofre, 2008). Hi ha raons que fan pensar que hi pot haver un canvi en la incidència, que no ha de ser necessàriament un augment, i la distribució geogràfica de les malalties infeccioses que afecten a humans i animals. De totes maneres, ara per ara, hi ha molts interrogants sobre quin serà l'impacte en una determinada zona geogràfica, ja que hi ha massa incerteses sobre el canvi climàtic i també sobre els diversos factors que condicionen les malalties infeccioses (IPCC, 2007). El que pot succeir als països desenvolupats i amb clima temperat, com Catalunya, també està sotmès a una gran incertesa. Diversos experts afirmen, però, que hi ha motius per creure que no cal esperar grans efectes, si no és que el canvi climàtic dóna lloc a una davallada socioeconòmica de magnitud i altres efectes poc probables en l'actualitat, i que serien la causa indirecta d'un augment de la incidència de les malalties infeccioses (Jofre, 2008).

Les malalties infeccioses, al llarg de la història de la humanitat, han anat canviant. Des de l'aparició de l'agricultura i la ramaderia fa uns deu mil anys, es creu que hi ha hagut tres grans transicions en les relacions entre els humans i els agents infecciosos que els causen malalties (McNeill, 1976), que són: i) els primers assentaments humans sedentaris fa deu mil anys van fer possible que espècies microbianes que causaven infeccions enzoòtiques (només afectaven a animals), afectessin també a humans; ii) les relacions comercials, els contactes militars i les migracions entre civilitzacions eurasiàtiques fa entre dos i tres mil anys varen fer possible un intercanvi de les infeccions dominants en cadascuna de les civilitzacions; iii) l'expansionisme europeu pel descobriment d'Amèrica va causar la propagació transcontinental de malalties infeccioses molt greus, sobretot quan afectaven poblacions amb les quals els microbis causants no havien estat en contacte previ.

Molts experts creuen que actualment la humanitat està en un quart període de transició. D'una banda, els avenços en el control de les malalties infeccioses han fet disminuir molt, almenys en els països industrialitzats, la importància d'aquestes en el conjunt de les malalties que afecten l'home. D'altra banda, però, des de fa uns vint-i-cinc o trenta anys s'observa l'emergència d'un gran nombre de malalties infeccioses: se'n descriuen una mitjana de tres noves cada any, encara que aquest nombre podria ser exagerat perquè el que realment succeeix és que la comunitat científica ha augmentat la capacitat de detectar-les. Alhora, s'observa la reemergència d'algunes malalties que es pensava que estaven controlades, com la tuberculosi, la febre groga, etc. (Jofre, 2008).

El canvi climàtic, amb totes les incerteses que el caracteritzen, podria ser un element afegit que tindria una varietat d'efectes sobre la incidència i distribució de les malalties infeccioses en la població humana (Jofre, 2008). Durant els darrers anys, científics i diverses organitzacions han publicat un gran nombre de revisions i informes sobre la relació entre el clima i salut, que tracten en profunditat del possible efecte del canvi climàtic en les malalties infeccioses. Entre els documents que analitzen la relació entre el canvi climàtic i les malalties infeccioses elaborats per organitzacions destaquen els de l'Organització Mundial de la Salut (Michael *et al.*, 2003), l'Acadèmia Americana de Microbiologia (Rose *et al.*, 2001) i els informes del Grup Intergovernamental d'Experts sobre el Canvi Climàtic (IPCC, 1990; 1995; 2001; 2007).

2. Objectius

S'ha definit un objectiu general, el qual s'assolirà després de desenvolupar una sèries de fites intermèdies, els objectius específics.

Objectiu general

- Establir si existeix una relació entre el canvi climàtic i l'emergència i reemergència de malalties infeccioses.

Objectius específics

- Analitzar les investigacions més rellevants que relacionen canvi climàtic i malalties infeccioses.
- Analitzar la relació entre canvi climàtic i salut.
- Identificar i determinar les malalties infeccioses emergents i reemergents més freqüents i quines tenen un perill potencial per a la humanitat més elevat.
- Identificar les zones potencialment més vulnerables del planeta.
- Avaluar la relació canvi climàtic i malalties infeccioses a Catalunya.
- Determinar les mesures preventives i les possibles solucions.

3. Antecedents

No es tracta de compatibilitzar l'ecologia amb el desenvolupament, sinó d'adonar-se que el desenvolupament, o millor el genuí progrés, es basa justament en l'explotació racional dels recursos ecològics.

RAMON FOLCH

En aquest apartat es realitza una presentació del context del desenvolupament de la investigació en el camp de la relació entre el canvi climàtic i la salut.

La influència del clima sobre la salut humana en general i sobre les malalties infeccioses en particular és ben coneguda, fins i tot molt abans que s'establís la relació entre microorganismes i malalties infeccioses, durant el darrer terç del segle XIX (Ress, 1996). Entre molts altres, alguns exemples coneguts són: i) Hipòcrates ja va escriure que la salut humana estava lligada a les estacions, el temps local i altres factors ambientals; ii) l'aristocràcia romana passava l'estiu a les seves vil·les de muntanya per, entre altres raons, evitar la malària; iii) al sud-oest asiàtic afegeixen des de fa molts segles més salsa curri als aliments a l'estiu per disminuir la incidència de les diarrees; iv) als Estats Units d'Amèrica, els defensors de la teoria que “*el miasma, o l'atmosfera verinosa que sortia dels pantans, les maresmes i les matèries pútrides eren una font de malalties*” havien notat i descrit que les febres i problemes intestinals eren més comuns en les estacions càlides. Pel mateix motiu, moltes poblacions del litoral català van desembocar a la creació de la mateixa localitat uns quilòmetres a l'interior, creant-se les poblacions “de Mar” i “de Dalt”; v) Jacob Henle en el seu tractat *On Miasma and Contagia* de 1840 afirmava: “*la calor i la humitat afavoreixen la producció i propagació d'infusoris i floridures, així com de miasmates i contagia; per tant, les malalties miasmàtiques infeccioses són més freqüentment endèmiques a regions humides i càlides, i epidèmiques durant els mesos humits d'estiu*”; curiosament, entre les malalties miasmàtiques infeccioses incloïa el còlera i la febre groga, dues de les malalties considerades com a potencialment influenciades pel canvi climàtic avui dia (Jofre, 2008).

En les darreres dècades del segle XIX, es va establir la relació entre els agents infecciosos i les malalties infeccioses (Collier i Oxford, 2006). Posteriorment es va produir l'assignació concreta de cada agent infecció a la corresponent malaltia, i es varen poder anar observant algunes relacions entre determinades malalties infeccioses i el clima o les seves variacions (Jofre, 2008).

Existeixen diverses referències sobre l'associació entre brots de malalties que es transmeten per l'aigua i pluges intenses en casos concrets recents, com el brot d'*Escherichia coli* O157:H7 produït a Walkerton, Canadà, l'any 2002 amb mil malalts i sis morts (Bruce *et al.*, 2000). Altrament hi ha estudis retrospectius i epidemiològics que també certifiquen aquesta associació, com l'estudi de Curriero *et al.* (2001) que analitza els brots de malalties de transmissió hídrica des del 1948 fins al 1994 als Estats Units d'Amèrica, i detalla que el 51 % es produeixen després d'episodis d'intenses precipitacions. Un altre estudi d'anàlisi de risc basat en dades epidemiològiques realitzat per Kay *et al.* (1994) al Regne Unit conclou que la probabilitat de ser infectat per banyar-se a platges és major després de precipitacions intenses.

Hi ha uns quants estudis que indiquen clarament que l'augment de les temperatures mitjanes podria provocar alguns canvis en la incidència i distribució d'algunes malalties infeccioses i que es consideren indicadors de les tendències del que a llarg termini podria produir l'escalfament global (Jofre, 2008). Rodó *et al.* (2001) han descrit una relació molt significativa entre episodis de *el Niño* progressivament més forts i la prevalença de còlera a Bangla Desh durant un període de setanta anys. Els autors van trobar que l'associació entre la incidència de còlera i *el Niño* era molt dèbil i no correlacionada a la primera part del segle (1883-1940), mentre que des de 1980 fins a 2001 l'associació era molt forta i consistent (Rodó *et al.*, 2001).

Anàlisis de dades històriques han mostrat que el risc de malària epidèmica es multiplicava per cinc durant l'any següent a episodis de *el Niño* al subcontinent índic (Bouma i van der Kaay, 1994). També s'han comprovat augments significatius d'incidència de malària els anys posteriors a episodis de *el Niño* a Veneçuela (Bouma i Dye, 1997).

Però no només la salut humana és centre d'atenció. Philip Mellor, investigador de l'Institut per la Salut Animal al Pirbright Laboratory, Regne Unit, investiga sobre els components del clima que probablement tindran els efectes més importants en quant a alterar la distribució de les infeccions virals transmeses pels insectes, com el virus de la llengua blava i altres infeccions arbovíriques¹ (Wilson i Mellor, 2009). Part dels seus estudis estan adreçats sobre la base d'un augment suposat de la temperatura mitjana global d'1,1 a 6,4°C -que és el previst que es produeixi durant la primera part d'aquest segle- (IPCC, 2007), i els tipus de canvis que comportaria als virus de la febre catarral ovina i de la pesta equina africana. Estudia els canvis recents en la distribució del virus de la febre catarral ovina, d'acord amb el que s'havia predit mitjançant les imatges via satèl·lit i certes variables climàtiques, per tal de suggerir que els efectes del canvi climàtic ja s'estan deixant sentir (Wilson i Mellor, 2009).

Els nivells de parasitisme i les dinàmiques dels sistemes dels helmints estan exposats a l'impacte d'unes condicions ambientals tals que fan preveure que els augments de temperatura de llarga durada incrementin la força de la infecció i el número bàsic de reproducció del paràsit. Hudson (2006) postula que un increment de la força de la infecció només pot portar a un augment de la intensitat mitjana en els adults en els casos en que la mortalitat dels paràsits no estigui determinada per una immunitat adquirida (Hudson *et al.*, 2006).

Els exàmens preliminars de Hudson (2006) sobre les tendències a llarg termini dels paràsits dels conills i els galls boscans confirmen aquestes hipòtesis. El ritme de desenvolupament dels paràsits augmenta amb la temperatura i, tot i que els estudis de laboratori indiquen que aquest augment és lineal, els estudis recents de Hudson indiquen que potser no és exactament lineal, i que tingui un impacte important en la ràtio de reproducció (Hudson *et al.*, 2006). Ell afegeix que l'escalfament també reduiria la pressió selectiva i això incrementaria la ràtio de reproducció de manera que en certs sistemes ecològics augmentaria també la inestabilitat i portaria a grans brots epidèmics (Hudson *et al.*, 2006).

¹ Infeccions virals transmeses per artròpodes, com mosquits o puces. Apareixen en major freqüència durant els mesos càlids, quan els artròpodes estan més actius.

La flora no està exempta dels efectes directes i indirectes del canvi climàtic. A Catalunya, l'arribada de la primavera s'ha avançat i la de l'hivern s'ha retardat de manera que, en els últims cinquanta anys, el període vegetatiu s'ha perllongat uns cinc dies cada dècada per terme mitjà, segons una investigació dirigida pel professor Josep Peñuelas de la Universitat Autònoma de Barcelona (Picó, 2007).

Les infeccions en el món vegetal tenen un impacte molt negatiu en la societat humana per les pèrdues econòmiques que ocasionen, per exemple en l'agricultura, i molt sovint també tenen conseqüències en la biodiversitat. El canvi climàtic també pot contribuir a l'emergència de patògens per a les plantes (Anderson *et al.*, 2004). La majoria de la població mundial s'alimenta de blat, arròs, blat de moro i patates (Harlan, 1995). Aquesta enorme dependència ha creat un gran interès en l'estudi de les malalties infeccioses que afecten o poden afectar a aquest grup d'aliments, i com es poden veure alterades pels efectes del canvi climàtic (Rosenzweig *et al.*, 2001).

Els estudis del científic Harvell suggereixen que alguns dels efectes del canvi climàtic, com hiverns més suaus, temperatures nocturnes més altes i temperatures més altes en general, permetran una major supervivència de patògens de plantes a l'hivern, augmentaran els vectors, accelerarà els cicles de vida dels patògens i augmentarà l' esporulació i la infectivitat dels fongs foliars (Harvell *et al.*, 2002).

Altres estudis afirmen que els rangs d'insectes causants de plagues en cultius i de patògens infecciosos que provoquen malalties a les plantes ja s'han ampliat cap a latituds més septentrionals com a conseqüència del canvi climàtic (Rosenzweig *et al.*, 2000).

4. El canvi climàtic

Volem un país conscient de la seva personalitat i sobretot del seu patrimoni, massa sovint tergiversat, menystingut o balafiat. Un país articulat que vol ser ordenat, planificat, amb conceptes clars d'allò a què aspira. Un país culte, que oblidi d'una vegada les dècades cavernàries d'analfabetisme militant.

Un país net i verd, sostenible que –quan parlem de paisatge, d'aigua, de recursos...- equival a durable.

VICENÇ M. ROSELLÓ

Segons el diccionari de la llengua, el *clima* es defineix com el *conjunt de condicions atmosfèriques pròpies d'una regió, en tant que afecten la vida animal i vegetal*. Des d'un punt de vista tècnic, el clima és el temps mitjà, és a dir, les propietats estadístiques de l'atmosfera i de l'oceà en un període temporal llarg i en una regió geogràfica determinada (Llebot, 1997), per tant no té sentit parlar de climatologia d'un dia o d'un mes, ja que s'estaria parlant de meteorologia.

El clima depèn de les mateixes variables que la meteorologia, que són els valors mitjans de temperatura, la precipitació, el vent, la pressió, la humitat i la nuvolositat; però els models climàtics necessiten saber l'evolució d'aquestes variables durant el període de temps que es vol predir l'evolució del clima. A part de les variacions naturals del temps, les activitats humanes influeixen en la composició de l'atmosfera i de la biosfera i, per tant, afecten també al clima (Llebot, 1997). Per fer prediccions climàtiques, no tant per a les meteorològiques, hi ha cert grau d'incertesa per la difícil i complexa tasca de predir quines seran en el futur les emissions de gasos a l'atmosfera, a quin ritme es faran i quin serà el consum energètic de la població mundial, i també quin serà el tamany de la població mundial.

La Terra té aproximadament 4600 milions d'anys (Brent, 1991), i la major part de la història climàtica del planeta s'ha produït sense presència humana, i no per aquest motiu ha deixat d'experimentar canvis climàtics (com el sofert amb l'aparició de la vida al planeta). Els registres de les variables climàtiques daten dels últims 200 anys, per tant, els coneixements de la climatologia passada s'han obtingut a partir de l'estudi dels sediments terrestres i del fons de l'oceà, dels gels polars i dels arbres (Llebot, 1997).

IPCC comprèn centenars d'experts de tot el món que informen sobre el coneixement científic dels canvis climàtics passats i futurs, sobre els impactes del canvi climàtic en els humans i en els ecosistemes naturals, i sobre les estratègies potencials per limitar aquests impactes. El canvi climàtic és definit per l'IPCC com *un canvi en l'estat del clima que es pot identificar pels canvis en la mitjana i/o variabilitat de les seves propietats, i que persisteix durant un període de temps, generalment decennis o inclús més*. També se'l descriu com la modificació del clima respecte a l'història climàtica a escala global o regional. La Convenció Marc de les Nacions Unides sobre el Canvi Climàtic utilitza el terme canvi climàtic només per referir-se a la modificació per causes humanes: *per canvi climàtic s'entén un canvi de clima atribuït directa o indirectament a l'activitat humana que altera la composició de l'atmosfera mundial i que se suma a la variabilitat natural del clima observada durant períodes comparables²*.

En principi aquests canvis són deguts tant a fenòmens naturals (Crowley i North, 1988), com antropogènics (Oreskes, 2004). Molt sovint, el terme és usat inadequadament com a sinònim exclusiu d'escalfament global; però a part també implica altres canvis, com els patrons de precipitació i en la composició de l'atmosfera.

Els models climàtics són previsions de futur elaborades a partir d'indicadors basats en suposicions sobre l'evolució demogràfica, la utilització i evolució de la tecnologia i l'economia (Roe i Baker, 2007). Els sis escenaris possibles descrits al 2007 per l'IPCC adverteixen que la temperatura mitjana podria augmentar entre 1,1 i 6,4°C en els pròxims cent anys, amb escenaris d'increment d'emissions de CO₂ de 600 a 1500 ppm (IPCC, 2007). La pujada tèrmica, doncs, tindrà relació amb el volum de vessament

² Definició de l'article 1, paràgraf 2.

de contaminants atmosfèrics, com el CO₂, que a mesura que augmenta a l'atmosfera, també hi ha un increment de temperatura associat (*figura 4.1*) (Hansen, *et al.*, 2007). Hi ha moltes evidències parcials i dubtes sobre determinats canvis, però el contingut de diòxid de carboni a l'atmosfera és una evidència sense discussió (Llebot, 1997).

L'informe de l'IPCC del 2001 va afirmar que “*Un volum creixent d'observacions presenta una imatge col·lectiva d'un món en procés d'escalfament i d'altres canvis en el sistema climàtic durant el segle XX, i és una evidència nova i més contundent del fet que de l'escalfament observat al llarg dels darrers 50 anys pot ser atribuït majorment a les activitats humanes*”.

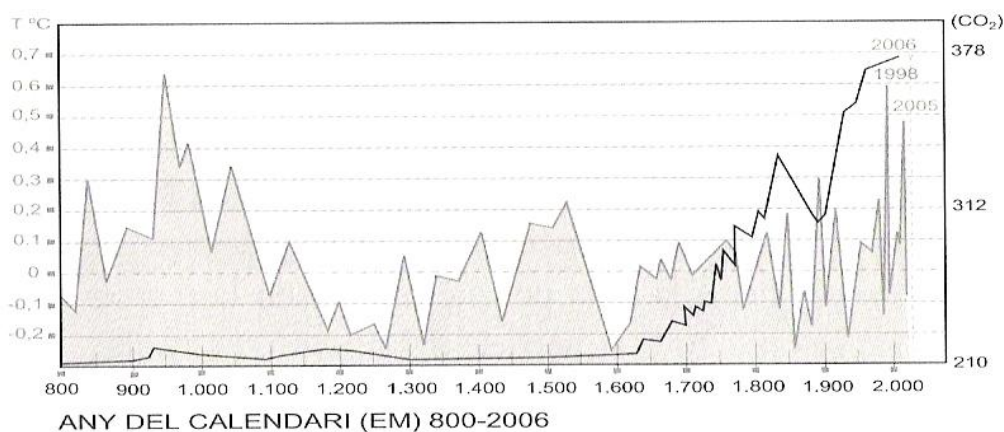


Figura 4.1.: Evolució de les emissions de CO₂ paral·lela a l'increment tèrmic.(IPCC, 2007).

Es preveu que el nivell del mar augmenti uns 45 cm (IPCC, 2001) o de 20 a 90 centímetres de cara a l'any 2100 (Wigley, 1999). Aquest augment pot experimentar-se com una pujada gradual de la línia de la costa o bé com un augment en la gravetat de les tempestes amb danys a la franja litoral (Neumann *et al.*, 2000). La intrusió de sal en l'aigua dolça pot danyar els ecosistemes estuaris, essencials per filtrar i proporcionar aliments als animals marins, o desplaçar les comunitats animals costaneres, amb les conseqüents pèrdues econòmiques afegides en tots nivells (IPCC, 2007).

Un altre dels possibles efectes del canvi climàtic és l'alteració de la productivitat agrícola. Per una banda, es poden produir reduccions en la producció relacionades amb modificacions en les pautes de pluja i amb disminucions de la humitat del sòl. I per altra banda, algunes collites podrien augmentar com a conseqüència d'increments en la concentració de diòxid de carboni a l'atmosfera i per l'allargament de les èpoques de

cultiu (Adams et al., 1999). Aquests canvis poden encarir el preu de certs aliments bàsics, amb la conseqüent privació d'abastament de la població mundial amb menys recursos. També, el canvi climàtic podria afectar la contaminació bacteriana dels aliments (Bentham i Langford, 1995). La contaminació bacteriana dels aliments és un problema amb múltiples determinants causals, on el clima és un d'ells, i no s'han publicat estudis que relacionin el canvi climàtic amb malalties infeccioses transmeses per aliments.

Entre molts altres efectes, el canvi climàtic també afecta al creixement vegetal, al desenvolupament i a la distribució geogràfica d'alguns insectes, d'organismes patògens per a les plantes i de les plagues, que també es veuen afectats pel desenvolupament de millors o pitjors condicions climàtiques (Llebot, 1997). Segons un model basat en valors de baixa humitat relativa i alta temperatura, la tendència climàtica pot modificar el règim d'incendis incrementant el nombre de dies estivals amb alta temperatura i baixa humitat de l'aire, seguint la tendència observada en les últimes dècades (Piñol *et al.*, 1998) (figura 4.2.).

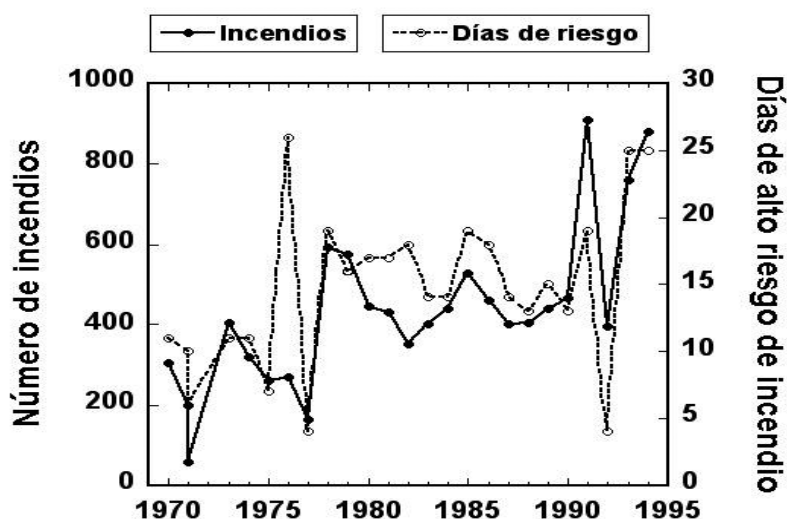


Figura 4.2.: Nombre d'incendis a les províncies de Barcelona, Tarragona, Castelló i València durant els mesos de juny a setembre de 1970 a 1994, i nombre de dies d'alt risc d'incendi per causes climàtiques. (Piñol *et al.*, 1998).

La complexitat del problema, doncs, i les seves múltiples interaccions fan que l'única manera d'avaluar aquests canvis sigui mitjançant l'ús de models computacionals que simulin el comportament de l'atmosfera i dels oceans. La naturalesa caòtica d'aquests models fa que en si tinguin una alta proporció d'incertesa (Stainforth *et al.*,

2005), encara que no sigui excusa per a que siguin capaços de preveure canvis significatius en un futur (Schnellhuber, 2008) que tinguin conseqüències tant econòmiques (Stern, 2008) com les ja observades a nivell biològic (Hughes, 2001; Walther *et al.*, 2002).

Les prediccions sobre el canvi climàtic per als propers cent o dos-cents anys es fonamenten en dos conceptes:

- Presumpcions sobre el forçament que pot alterar el clima.
- Models que simulen el canvi climàtic sobre la base d'aquest forçament.

El primer punt inclou la crema de combustibles fòssils que produeixen diòxid de carboni, un dels gasos que provoquen l'efecte hivernacle, així com també fenòmens naturals, com erupcions volcàniques i canvis en les emissions d'energia solars. Els models del segon punt estan molt relacionats amb els programes d'ordinador que se solen utilitzar arreu del món per predir el temps per a períodes de temps curts. En el cas dels escenaris de canvi climàtic, aquests models s'utilitzen amb un propòsit diferent, que és predir el comportament estadístic general del clima. Les incerteses en els dos conceptes creen tot un ampli ventall d'escenaris de canvi climàtic possibles per al segle XXI (Bernstein *et al.*, 2009).

Els canvis climàtics regionals generalment són més difícils de predir que els canvis de mitjana global (Llebot, 1997). Tot i això, l'escalfament global i l'acceleració del cicle hidrològic associat (evaporació/pluja i neu/règim dels rius) probablement vagin acompanyats d'un escalfament especialment ràpid de l'interior d'Àsia i d'Amèrica del Nord, d'un increment de les pluges i les nevades a latituds mitjanes de l'hemisferi nord, i d'un augment de l'evaporació i la sequera a l'estiu en les zones interiors continentals de latitud mitjana (IPCC, 2007). La capacitat de les profunditats oceàniques d'emmagatzemar grans quantitats de calor garanteix que els canvis climàtics del segle en el que estem persistiran (IPCC, 2007).

Els models climàtics regionals (MCR) són eines numèriques que han estat desenvolupades durant els darrers 15 anys a fi que proporcionin informació a escala detallada del canvi climàtic per utilitzar-la en els estudis d'avaluació de l'impacte

ambiental. L'última generació d'MCR pot abastar espais de quadrícula horitzontals de 10-25 km i es pot aplicar pràcticament a totes les regions terrestres del planeta. En particular, en anys recents ha crescut ràpidament l'interès per l'aplicació dels MCR a les regions tropicals i subtropicals, ja que poden ser eines especialment útils per a l'estudi dels efectes del canvi climàtic en la salut humana i la propagació de malalties (IPCC, 2007).

L'investigador italià Filippo Giorgi va estudiar els efectes directes amb simulacions MCR d'alta resolució (20 km) del canvi climàtic al Mediterrani per avaluar els possibles efectes sobre els riscos relacionats amb l'estrès tèrmic. També va estudiar els efectes indirectes utilitzant els resultats de simulacions d'MCR a Europa per elaborar un model de qualitat de l'aire, per tal d'examinar l'efecte del canvi climàtic sobre les concentracions troposfèriques d'ozó i les implicacions relacionades per a la salut humana. Tant pels efectes directes (estrès tèrmic) com indirectes, va trobar que el canvi climàtic pot incrementar substancialment els riscos per a la salut (Giorgi, 2006).

5. Canvi climàtic i salut

El futur està prenyat de perills i d'esperances, d'atzar i necessitat, de sorpreses i constriccions, però el mal pel qual naveguem és així. La nostra millor arma és aprendre, aprendre a aprendre, i aprendre a aprendre a aprendre.

JAUME TERRADAS

En els últims 170 anys, els científics han estudiat la complexa relació entre el temps meteorològic, el clima i la salut humana (Dunglison, 1835). Des de fa unes quantes dècades els científics han estat examinant si el canvi climàtic afecta a la salut humana. La conclusió d'aquests estudis, és que els canvis en les concentracions de gasos d'efecte hivernacle i altres conductes antropogèniques poden modificar certes variables climàtiques i a llarg termini el clima, i aquests canvis poden tenir efectes sobre la salut, i tots aquests canvis es volen contrarestar amb vàries estratègies de mitigació i adaptació (figura 5.1.) (Patz i Khaliq, 2002).

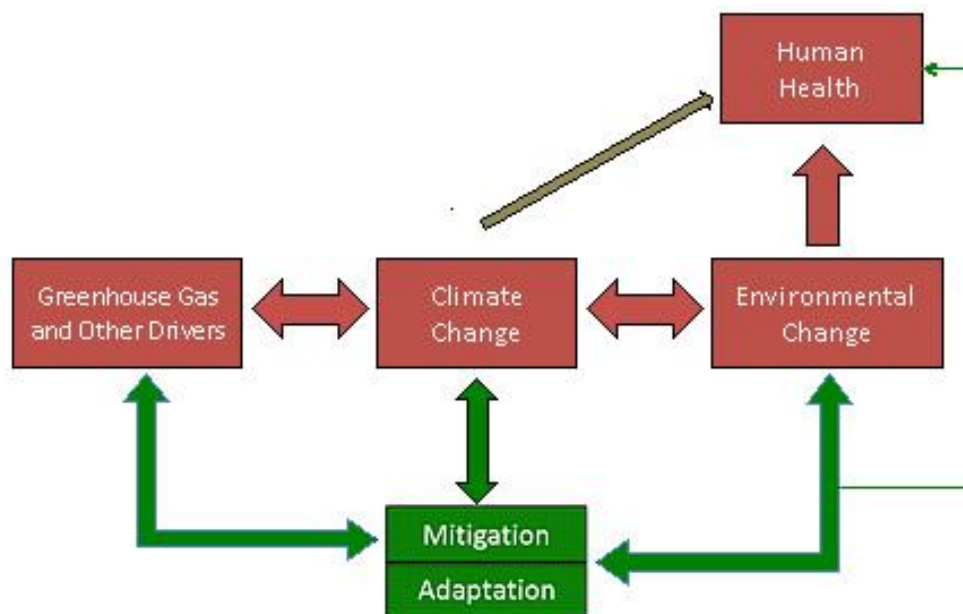


Figura 5.1.:Diagrama on es representa que la salut humana depèn de factors climàtics. (<http://www.niehs.nih.gov/about/od/programs/climatechange/index.cfm>).

Encara que la salut pot estar afectada tant per variacions climàtiques (regionals) com per canvis en el temps meteorològic, l'associació entre la variabilitat climàtica i la salut permet inferir la possibilitat que el canvi climàtic tingui efectes sobre la salut de la població, tant de forma directa com indirecta, tenint en compte el nivell socio-econòmic i la qualitat de la sanitat de cada regió (*figura 5.2.*) (Patz i Khaliq, 2002). La quantificació d'aquests processos depèn de la velocitat de les variacions i de la capacitat d'adaptació de la població (Llebot, 1997).

Cal diferenciar, però, canvi climàtic i variabilitat climàtica. El primer terme és una variació en les variables atmosfèriques (la temperatura mitjana anual, per exemple), d'abast regional o global (mundial), en un període relativament llarg (dècades, per exemple) (Shindell i Raso, 1997). Variabilitat climàtica fa referència a desviacions del clima mitjà d'una regió en un període que pot ser de setmanes fins a anys. De fet, com s'ha comentat anteriorment, l'associació entre la variabilitat climàtica i la salut, permet inferir els possibles efectes que pugui tenir el canvi climàtic sobre la salut.

La variabilitat climàtica antropogènica pot afectar a la salut a través de diverses vies. L'exposició a agents infecciosos, l'extensió del seu contagi i la immunització poden veure's alterats per aquesta variabilitat en el clima. La magnitud d'aquests efectes depèn en part de l'habilitat per anticipar-los i de l'educació i de la planificació de les respostes d'emergència que podrien reduir els impactes (Balbus i Wilson, 2000).

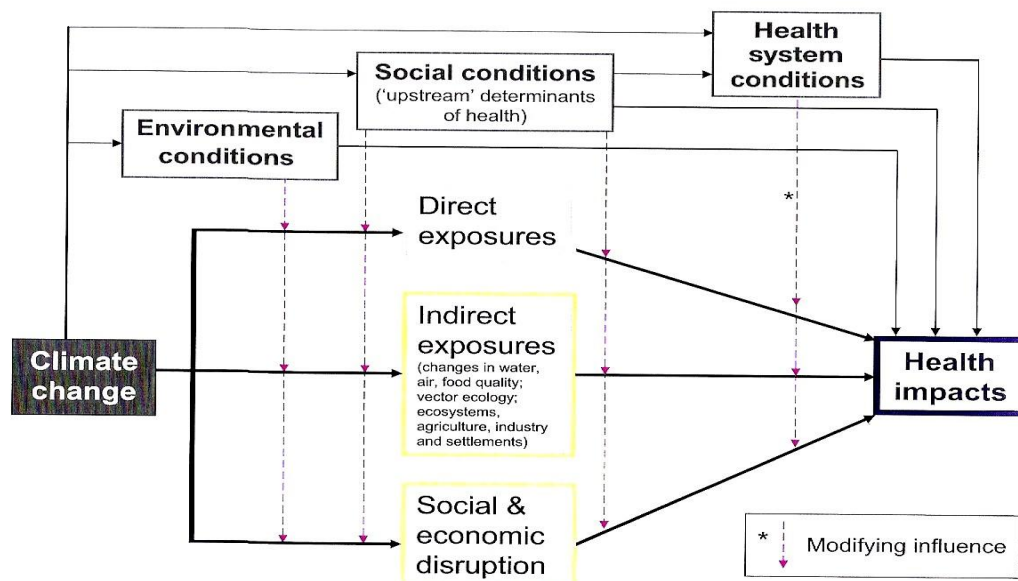


Figura 5.2.: Diagrama esquemàtic de les vies les quals el canvi climàtic afecta a la salut. (IPCC, 2007).

5.1. Efectes del canvi climàtic sobre la salut

Hi ha nombrosos efectes directes i indirectes del canvi climàtic que tenen i tindran conseqüències sobre la salut (*taula 5.1.*). Els efectes directes inclouen, sobretot, impactes físics que causen estrès fisiològic o un dany físic sobre les persones, com serien les riudes, ventades o els efectes que tenen les temperatures extremes, de vegades acompanyat del conseqüent excés de mortalitat degut a onades de calor³ (IPCC, 2007), com en el cas de França a l'agost del 2003 (*figura 5.3.*). Un altre dels efectes directes del canvi climàtic és l'esgotament de l'ozó estratosfèric que es traduirà en un augment a l'exposició de la radiació ultraviolada, i aquest fet comporta un augment del risc de patir càncer de pell i cataractes (Tucker, 2009).

Taula 5.1.: Conseqüències més conegudes i probables sobre la salut relacionades amb el canvi climàtic. (McMichael *et al.*, 2006).

	Adverse effect	Beneficial effect	References	
			Climate variability	Climate change
Temperature extremes (more very hot days, possibly fewer very cold days)	More daily deaths and disease events—primarily due to more very hot days	Reduced winter deaths and disease events in (at least some) temperate countries	11–13, 14, 15–18, 19–29	30–36
Floods	More injuries, deaths and other sequelae (infectious disease, mental health disorders)		37–44	2, 34, 45–47
Aero-allergen production	Increased allergic disorders (hay fever, asthma) due to longer pollen season	Reduced exposure to aero-allergens in some regions due to lesser production or shorter season of pollen circulation	48	
Food-poisoning (diarrhoeal disease)	Greater risks at higher temperature (especially salmonellosis)		40, 49–55	34
Water-borne infection	Cholera risk might be amplified by coastal/estuarine water warming, local flooding	Less risk where (heavy) rainfall diminishes	40, 56–61	62–64
Vector-borne infections	Mosquito-borne infections tend to increase with warming and certain changes in rainfall patterns: heightened transmission. Likewise tick-borne infections, although via more complex ecological changes	Mosquito reproduction and survival could be impaired by altered rainfall and surface water and by excessive heat: reduced transmission. Similar determinants may apply to ticks, snails and other vectors.	65–76	34, 60, 77–95
Regional crop yields	Reductions in many low-latitude and low-rainfall regions	Increases in currently too-cold regions (might not be sustained with continuing climate change)		34, 96, 97
Fisheries	Declines or shifts in local fisheries: protein shortages (in poor populations). Possible increased contamination	Latitudinal shifts of fisheries, with ocean warming, may benefit new host populations		98–100
Sea-level rise	Health consequences of population displacement, lost livelihood, exposure to coastal storm surges and floods. Salinisation of freshwater and coastal soil.			101

³ Encara que no existeix cap definició consensuada d'onada de calor, l'Institut de Veille Sanitaire al 2003 el va nomenar com el manteniment de temperatures elevades durant un període de 48 hores consecutives.

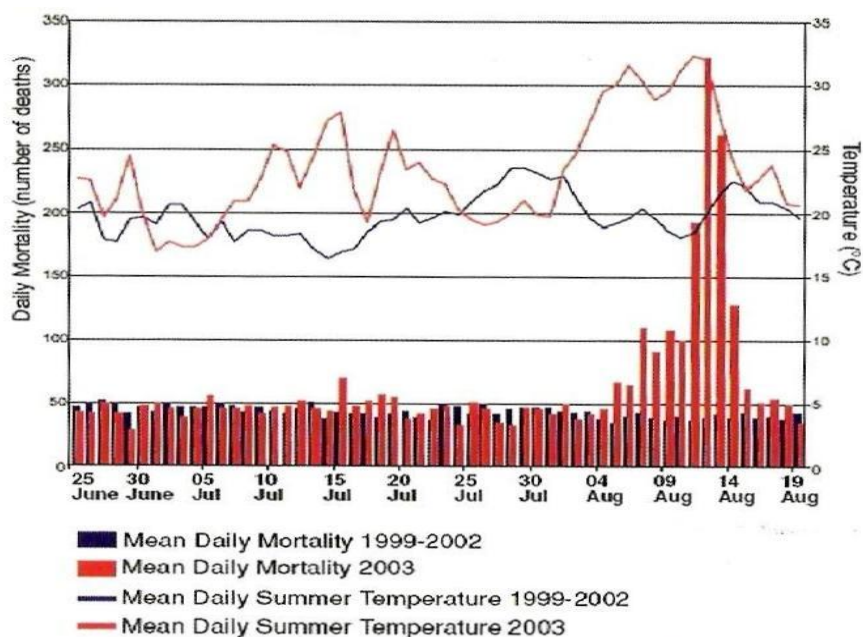


Figura 5.3.: Increment de la mortalitat diària a París amb l'onada de calor del 2003. (Vandentorren i Empereur-Bissonnet, 2005).

Els efectes indirectes poden operar a través de diverses vies, en les quals estan implicades variables molt diverses. Aquests efectes inclouen la contaminació atmosfèrica (antropogènica) i el pol·len (biogènica), i els problemes que ocasionen a la salut respiratòria. Alguns experts afirmen que l'augment dels casos d'asma està indirectament relacionat amb el canvi climàtic (D'Amato *et al.*, 2008). A Europa, però, es creu que l'augment de les temperatures mitjanes podria significar una important reducció de les afeccions de vies respiratòries a l'hivern (Langford i Bentham, 1995).

El canvi climàtic donarà lloc a temperatures més elevades que poden augmentar la transferència de compostos volàtils i semi-volàtils de l'aigua i de les aigües residuals a l'atmosfera, i alterar així la distribució de contaminants a llocs més distants de les fonts, afectant possiblement a la salut humana (Macdonald *et al.*, 2003).

Amb el canvi climàtic també s'espera que augmentin les fortes precipitacions i inundacions, el que pot augmentar la possibilitat de fugues de contaminació tòxica de certes instal·lacions d'emmagatzematge o l'esllavissament de terra que contingui contaminants tòxics a l'aigua. Es sap poc de com l'exposició d'aquestes substàncies químiques afectaran a les persones, algunes de les quals són carcinògenes conegudes i el seu impacte final sobre la incidència del càncer (Bates *et al.*, 2008).

Molts dels productes químics que s'utilitzen per controlar les plagues i millorar els rendiments dels cultius poden afectar al desenvolupament humà (Nord *et al.*, 2009). Degut a que el canvi climàtic altera les precipitacions i la temperatura, en alguns casos comportarà canvis en les pràctiques agrícoles per a un major rendiment dels cultius, que poden augmentar l'ús de plaguicides per controlar l'augment de mosquits portadors de malalties i per tant augmentar aquesta exposició a la població humana. Canvis en la gamma de mosquits i altres plagues que poden transmetre malalties també poden conduir a un augment de l'utilització de plaguicides de successió -com el DDT-. La malària és poc habitual als països de l'hemisferi nord, encara que el número de casos (tant importats com autòctons) ha anat augmentant en l'última dècada en certes zones (WHO, 2008). L'insecticida DDT és altament eficient pel control de mosquits que transmeten la malària als humans, i tot i que està prohibit el seu ús als països desenvolupats, encara s'utilitza com a últim recurs per controlar el mosquit en zones endèmiques de malària de tot el món. El DDT i el seu principal metabòlit, el DDE, són altament persistents en el medi ambient i en els humans. Un estudi científic va demostrar que les dones les mares de les quals tenien nivells alts de DDT en sang en el moment de l'embaràs (10 mg/l), tenen cicles menstruals més curts i un 32% de probabilitat menor d'encantar (Cohn *et al.*, 2003). Altres pesticides tenen efectes semblants en pèrdua de fertilitat humana (Roeleveld i Bretveld, 2008).

El canvi climàtic pot alterar l'abundància i la distribució de floracions d'algues nocives i les seves biotoxines es poden acumular en peix i marisc (Niemi *et al.*, 2004). L'augment del nivell del mar i els problemes en el subministrament d'aliments també són efectes indirectes del canvi climàtic que afectarien a la salut humana. Les variacions climàtiques també poden afectar a la distribució i les concentracions de contaminants químics en les aigües litorals i oceàniques, per exemple mitjançant l'alliberament de contaminants químics de les capes de gel polars o dels sediments, a través aquest últim de l'escorrentia superficial per les fortes inundacions (Sandifer *et al.*, 2007).

Finalment, també deriven problemes psicosocials si es produeix una alteració ecològica clarament percebuda, freqüents i importants tempestats o brots greus de malalties (Balbus i Wilson, 2000); els quals també poden afectar a l'economia, infraestructures i oferta de recursos, entre d'altres. Els impactes psicològics del canvi climàtic, que van des de respostes d'estrès lleu fins a estrès crònic i altres trastorns de

salut mental, han estat recentment considerats a la llista d'impactes sanitaris del canvi climàtic (Fritze *et al.* 2008).

Els canvis de temperatura i d'humitat de l'atmosfera a les zones inundades com a conseqüència del canvi de les temperatures mitjanes poden influir sobre la incidència i la distribució de les malalties infeccioses (IPCC, 2007), i és possible que les zones que es poden veure més afectades siguin les zones peripolars (Parkinson i Butler, 2005) i les zones de frontera, ja sigui per latitud o per altitud, amb les àrees de clima tropical (Michael *et al.*, 2003). Les malalties infeccioses transmeses per vectors, les zoonosis i les transmeses per l'aigua també es veuen afectades pel canvi climàtic, distorsionant la seva distribució i abundància (Gage *et al.*, 2008; Gubler *et al.*, 2001).

5.2. Canvi climàtic i malalties infeccioses

Segons l'informe del grup de treball conjunt de l'Organització Mundial de la Salut (OMS), de l'Organització Mundial de Meteorologia (OMM) i del Programa de les Nacions Unides per al Medi Ambient (PNUMA), que porta per títol *Climate Change and Human Health* (McMichael *et al.*, 1996), la incidència de les malalties infeccioses augmentarà com a conseqüència de l'escalfament global (www.who.int).

Les malalties infeccioses mostren una distribució estacional (Jofre, 2008). Aquesta distribució no tan sols es produeix en aquelles malalties infeccioses en què intervenen vectors de sang freda (poiquiloterms), sinó que també es dona en malalties que es transmeten per l'aire o per l'aigua (Dowell, 2001). Per exemple, als països amb clima temperat de l'hemisferi nord la grip mostra un pic a l'hivern i principi de primavera (Jofre, 2008). Un altre cas que ho exemplifica és l'àrea de Barcelona, que amb una latitud de 41 °N, tant l'abundància d'enterovirus a aigües contaminades fecalment, com el nombre d'ingressats als hospitals per infeccions amb enterovirus, presenten el pic de màxima incidència a l'estiu, corresponent a latituds inferiors i més càlides (10-35 °N), segons les dades del Centre Nacional d'Epidemiologia (Costán-Longares *et al.*, en premsa).

5.2.1. Malalties infeccioses transmeses per vectors i zoonòtiques

Les malalties infeccioses transmeses per vectors i les malalties zoonòtiques (en anglès, vectorborne and zoonotic diseases, VBZD) són malalties infeccioses la transmissió de les quals implica animals hoste o vectors. Les malalties transmeses per vectors són aquelles en les quals els organismes, generalment artròpodes -insectes, paparres o àcars-, entren en contacte amb la sang d'un organisme i transporten el patògen d'un hoste a un altre, generalment amb amplificació (augment de la virulència) en el vector –per exemple, la malària o la pesta bubònica (figura 5.4.)– (IWGCCH⁴, 2009). Aquests insectes i invertebrats són poiquiloterms, per tant tenen una gran dependència de la temperatura del seu entorn, i canvis en aquesta pot variar el tamany de les seves poblacions. Les zoonosis són malalties que es poden transmetre d'animals a humans per contacte –com la grip aviar– (IWGCCH, 2009).

La complexitat i els múltiples factors que determinen la transmissió de les malalties transmeses per vectors fan que sigui molt difícil generalitzar sobre els mecanismes i molt menys predir en quina direcció es produiran els canvis derivats de la variabilitat en el clima (IPCC, 2007).

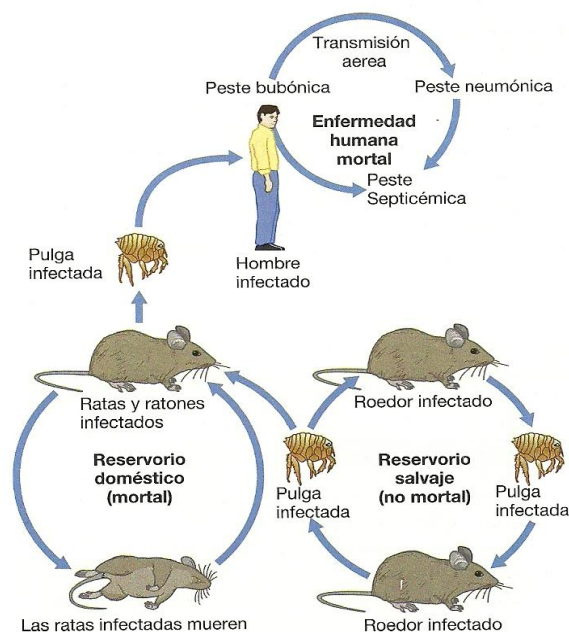


Figura 5.4.: Epidemiologia de la pesta del bacteri *Yersinia pestis*. (Madigan *et al.*, 2009).

⁴ The Interagency Working Group on Climate Change and Health.

A llarg termini, el canvi climàtic pot ocasionar trastorns socials i desplaçaments de població, possibilitant el ressorgiment de VBZD a l'hemisferi nord, del qual ja s'ha observat certa distribució d'espècies de vectors als Estats Units d'Amèrica (Carroll, 2007). El clima és un dels factors que influeixen en la distribució de les malalties transmeses per vectors i zoonòtiques, com el virus del Nil Occidental i la malària (IWGCCH, 2009). Existeix una preocupació important que el canvi climàtic faci de certs ambients, condicions més adequades per alguns VBZD, empitjorant la seva càrrega mundial i potenciant la reintroducció d'algunes malalties en zones geogràfiques on estaven eradicades (www.who.int).

Tot i les mesures preses fins a dia d'avui, la disponibilitat de medicaments per al tractament i les estratègies de control per als vectors, moltes malalties infeccioses segueixen sent un greu problema a Àfrica, i també a Àsia i Amèrica del Sud. Malalties com la malària podrien presentar una amenaça important per a zones de climes temperats si les temperatures augmenten tal com està previst (Faust, 1949).

La davallada de les economies, les àmplies rutes de transport, l'agricultura i altres serveis ambientals podrien donar lloc a moviments massius de població dins i entre països, així com una disminució general del que avui són considerats com els estàndards mínims de vida (Costello, 2009), i d'aquesta manera ampliar la distribució geogràfica de les malalties transmeses per vectors. En molts països de l'hemisferi nord, ja fa més de cent anys que malalties freqüents als països en vies de desenvolupament, tenen molt poca o nul·la incidència (IWGCCH, 2009). Però una degradació del clima rural i urbà, acompanyat de males condicions sanitàries podria tornar a portar la malària, el tifus epidèmic, la pesta, la febre groga —entre d'altres— a la seva incidència passada (IWGCCH, 2009).

Les possibles projeccions sobre els impactes del canvi climàtic en les VBZD són escasses, i el consens científic no és destacable. Tot i que avui dia es posseeix del coneixement tècnic per tractar i vacunar contra les VBZD, en absència d'aquesta tecnologia, molts experts creuen que la mortalitat de la població a causa de brots d'aquestes malalties podria arribar a ser del 20-50% (Orenstein *et al.*, 2005). Aquestes projeccions han de ser específiques a la ubicació, altitud, ecosistemes, a l'hoste i al vector. Les repercussions en la salut pública del canvi de les distribucions de les VBZD

és probable que apareixin en les pròximes dècades, i les activitats de prevenció i control han de ser desenvolupades i perfeccionades abans de l'expansió significativa de la gamma de vectors potencialment afectats pel canvi climàtic (Institute of medicine U.S., 2009).

5.2.2. Malalties infeccioses transmeses per l'aigua

Existeix una clara relació entre els increments de la precipitació i els brots de malalties transmeses per l'aigua (<http://www.who.int/features/qa/70/en/index.html>). Als Estats Units des de 1948 fins al 1994, les fortes inundacions s'han relacionat amb la meitat dels brots de malalties transmeses per l'aigua (Curriero *et al.*, 2001). S'espera que el canvi climàtic comporti un major nombre de fenòmens extrems de precipitació i més severs (IPCC, 2007), i per tant, sent l'aigua un element indispensable per a la vida, aquesta correlació ha estat objecte de nombroses investigacions.

Utilitzant un conjunt de set models diferents de canvi climàtic per projectar possibles situacions futures de precipitació extrema a la regió dels Grans Llacs dels Estats Units, els científics han estat capaços d'estimar l'impacte potencial del canvi climàtic en les taxes de malalties transmeses per l'aigua (Patz *et al.*, 2008). Els seus models prediuen que amb un augment de 2,5 polzades de pluja en un sol dia, provocaria un desbordament del clavegueram i del llac Michigan, resultant un augment d'entre el 50-100% dels brots de malalties transmeses per l'aigua i tenint en compte que els Grans Llacs són la font d'aigua per a 40 milions de persones, les projeccions indiquen una greu amenaça degut a les alteracions del canvi climàtic en la freqüència de les precipitacions.

Les malalties transmeses per l'aigua són causades per una gran varietat de microorganismes patògens, biotoxines i contaminants tòxics, tant en l'aigua que es beu com en la dels sistemes de refrigeració –entre d'altres- (Williams *et al.*, 2001). Dins aquesta gran varietat de microorganismes s'inclouen, entre d'altres, els protozous que causen criptosporidiosis, bacteris que causen el còlera i la legionel·losis, els virus que causen gastroenteritis virals, amebes que causen meningoencefalitis, i algues que causen neurotoxicitat (Batterman *et al.*, 2009).

A més de les malalties diarreiques, els patògens de l'aigua estan implicats en altres malalties, com immunològiques, neurològiques, hematològiques, metabòliques, pulmonars, oculars, renals i complicacions nutricionals (Meinhardt, 2006). L'OMS estima que un 4,8 % de la morbiditat mundial i el 3,7 % de la mortalitat atribuïble al medi ambient es deu a malalties diarreiques. La majoria d'aquestes malalties produeixen símptomes més greus i amb major risc de mort a nens i embarassades (<http://www.who.int/features/qa/70/en/index.html>).

Per la majoria de patògens de transmissió hídrica, la vigilància és irregular, els diagnòstics no són uniformes, i la comprensió de l'impacte de la meteorologia i el clima en la incidència de la malaltia no està fermament establerta. Per tant, els experts afirmen que canvis en els fenòmens climàtics a nivell local, regional i mundial són una preocupació creixent (Craun i Calderon, 2006).

A nivell mundial, l'impacte de les malalties diarreiques transmeses per l'aigua és elevat (<http://www.who.int/topics/water/en/>), i amb el canvi climàtic és molt probable que augmenti la seva incidència, així com també hi hagi alteracions del cicle hidrològic, -la freqüència i intensitat de fenòmens meteorològics extrems-, i aquests canvis poden complicar la previsió de la incidència i distribució de les malalties diarreiques (Williams *et al.*, 2001). Els brots de les malalties estan altament correlacionats amb fenòmens extrems de precipitació, tant inundacions com sequeres –ja que per escassetat d'aigua, les poblacions es concentren en determinats llocs on hi ha disponibilitat d'aigua, augmentant el contacte humà i per tant el risc de contagi– (Curriero *et al.*, 2001), però aquesta correlació es basa en una investigació limitada i requereix més recerca i confirmació de les dades actuals. Estratègies de prevenció i tractament per les malalties transmeses per l'aigua estan ben establertes en els països desenvolupats, i no es creu que el canvi climàtic tingui un impacte negatiu en aquestes estratègies.

Els efectes del canvi climàtic sobre la distribució i la bioacumulació de contaminants químics en les xarxes alimentàries marines són poc coneguts. El Programa de Ciència del Canvi Climàtic (CCSP) va informar d'un probable augment en la propagació de patògens en l'aigua en funció de la supervivència dels patògens, la seva persistència, el rang d'hàbitat i la seva transmissió en un entorn i clima canviant (Ebi *et al.*, 2008). El CCSP va detectar la forta associació entre la temperatura superficial del

mar i la proliferació de moltes espècies del gènere *Vibrio*, i va suggerir que l'augment de temperatures degudes al canvi climàtic probablement conduiria a una major incidència de malalties entèriques associades amb bacteris del gènere *Vibrio* (*V. cholerae*, *V. vulnificus* i *V. parahaemolyticus*). A més, estudis recents demostren que els agents patògens que poden implicar riscos de malaltia als humans, estan molt extesos als vertebrats marins i també al marisc i a peixos de piscifactories (Moore *et al.*, 2008).

Les plantes de tractament d'aigua no estan exemptes al canvi climàtic. Per exemple, les sequeres poden causar problemes amb l'augment de les concentracions dels agents patògens d'efluents i col·lapsar les plantes de tractament (Kistermann *et al.*, 2002), i no eliminar la càrrega de patògens i aquesta perjudicar a la salut humana (Dwight *et al.*, 2004). El mateix resultat s'obtindria amb les inundacions de la planta per pluges extremes.

Els canvis en el clima també afecten a les malalties transmeses per l'aigua a través de canvis en els ecosistemes oceànics i litorals, inclús afecten al pH, al rentat i lixiviat de nutrients i de contaminants, i a la salinitat (Jofre, 2008). Aquests efectes indirectes s'agreugen en els països en vies de desenvolupament on gran part de la població utilitza l'aigua dels rius sense tractar (IPCC, 2007). Per exemple, brots de còlera han estat directament associats amb inundacions a Àfrica i Índia (Sidley, 2008). Un augment de 40 cm. del nivell del mar, combinat amb fenòmens meteorològics més extrems, fa preveure que augmenti el número anual mitjà de persones afectades per inundacions litorals, dels 50 milions en l'actualitat a 250 milions al 2080, amb els patògens de l'aigua associats (Ford *et al.*, 2009).

Altres impactes secundaris del canvi climàtic sobre aquests patògens són la degradació dels ecosistemes, que pot ocasionar una pressió sobre la productivitat agrícola, la pèrdua de collites, la desnutrició, la fam, l'augment dels desplaçaments de població i el conflicte de recursos, tots ells amb risc de transmissió de malalties transmeses per l'aigua degut a la contaminació amb femta humana de les aigües superficials (Shultz *et al.*, 2009; Diaz, 2007).

6. Malalties infeccioses emergents i reemergents

La dificultat de la incertesa és que es tracta de coses que és probable que sorgeixin en algun moment i que necessiten atenció. Hem de convèncer als que prenen decisions, d'invertir en sistemes de vigilància i altres accions per fer front a aquestes incerteses d'una manera flexible, i sense ser capaços de dir-los, amb una precisió absoluta, quan sorgiran i el que podria comportar a la situació econòmica o social.

DAVID NABARRO

Segons la definició mèdica i veterinària, les malalties infeccioses emergents són les causades pels patògens que: i) han incrementat la seva incidència, zona geogràfica o rang d'hostes; ii) han canviat la seva patogeneïa; iii) han evolucionat; o iv) han estat descobertes de nou o recentment reconegudes (Lederberg *et al.*, 1992; Daszak *et al.*, 2000). Les malalties reemergents estan incloses dins de les emergents, i són les que havent estat sota control, ara tornen a ressorgir (Madigan, 2009). Aquestes malalties reemergents representen especialment un problema quan els antibiòtics perden la seva eficàcia i el sistema de salut pública falla (Madigan, 2009).

Les EIDs (malalties infeccioses emergents, per les sigles en anglès, Emerging Infectious Diseases) han estat realment estudiades en la salut humana (Binder *et al.*, 1999), en animals de granja (Cleveland *et al.*, 2001), en fauna salvatge (Daszak *et al.*, 2000) i en la flora (Anderson *et al.*, 2004). En l'actualitat hi ha nombroses malalties emergents per diferents patògens i factors (*taula 6.1.*) i a diferents parts del món, però es concentren majoritàriament al continent africà (*figura 6.1.*) a on es donen els majors registres de brots humans de malalties significatives i a la vegada estranyes, però totes podent produir epidèmies i pandèmies (Madigan, 2009).

Els agents de les malalties infeccioses, molt sovint creuen les fronteres nacionals, posant en risc d'infecció a qui entri en contacte amb ells i amenaçant l'estabilitat sanitària. L'atenció pública, via medis de comunicació, només es concentra en els nous organismes patògens, com la “malaltia de les vaques boges”, la “grip aviar” o la recentment cèlebre “grip porcina”, però les antigues malalties infeccioses, que es solien controlar amb antibiòtics o programes de fumigació contra insectes, tornen a ser novetat (<http://www.who.int/globalchange/en/index.html>).

Les epidèmies no sempre les causen nous organismes, i les patogènies conegudes es poden propagar a nous indrets o a persones no immunes. El canvi de les condicions ambientals i climàtiques o de l'aprofitament del sòl pot augmentar l'exposició dels éssers humans a vectors, és a dir, insectes, rosegadors o altres animals portadors d'agents infecciosos, i per tant de malalties (IPCC, 2007).

Taula 6.1.: Llista de virus emergents, la seva família, i els factors de la seva emergència. (Morse, 1993).

Influenza virus	<i>Orthomyxoviridae</i>	Integrated pig/duck agriculture, mobile population
Dengue virus	<i>Flaviviridae</i>	Urban population density, open water storage favors mosquito breeding (e.g., millions of used tires)
Sin Nombre virus	<i>Bunyaviridae</i>	Natural increase in deer mice and subsequent human-rodent contact
Rift Valley fever virus	<i>Bunyaviridae</i>	Dams, irrigation
Hantaan virus	<i>Bunyaviridae</i>	Agriculture techniques favor human contact with rodents
Machupo virus	<i>Arenaviridae</i>	Agriculture techniques favor human contact with rodents
Junin virus	<i>Arenaviridae</i>	Agriculture techniques favor human contact with rodents
Ebola virus	<i>Filoviridae</i>	Human contact with unknown natural host in Africa, importation of monkeys in Europe and United States
Marburg virus	<i>Filoviridae</i>	Unknown; importation of monkeys in Europe
Human immunodeficiency virus	<i>Retroviridae</i>	Transfusions and blood products, sexual transmission, needle transfer during drug abuse
Human T-cell leukemia virus	<i>Retroviridae</i>	Transfusions and blood products, contaminated needles, social factors
Canine parvovirus	<i>Parvoviridae</i>	Spontaneous mutation in feline panleukopenia virus resulted in new tropism and pathogenesis
Norwalk/gastroenteritis viruses	<i>Caliciviridae</i> and others	New methods for detection, infectious diarrhea

Amb els grans moviments de població de les zones rurals a les grans ciutats dels països en vies de desenvolupament, on les condicions dels habitatges, sanejament ambiental o els serveis de sanitat són inadequats, sorgeixen les condicions ideals per al desenvolupament i la propagació de malalties emergents (WHO, 2003). El paludisme, la tuberculosi, la gonorrea i la pulmonia estan tornant a ser greus problemes sanitaris, degut a les resistències que desenvolupen tant els organismes patògens als medicaments com els insectes vectors als pesticides (IPCC, 2007).

Sembla que els fenòmens climàtics extrems que afecten a les poblacions són importants pel que fa a la sincronització de l'aparició i la transmissió d'epidèmies, així que es creu que els canvis en el clima portaran a una freqüència i a una intensitat més gran d'epidèmies en les poblacions (Hudson, 2006).

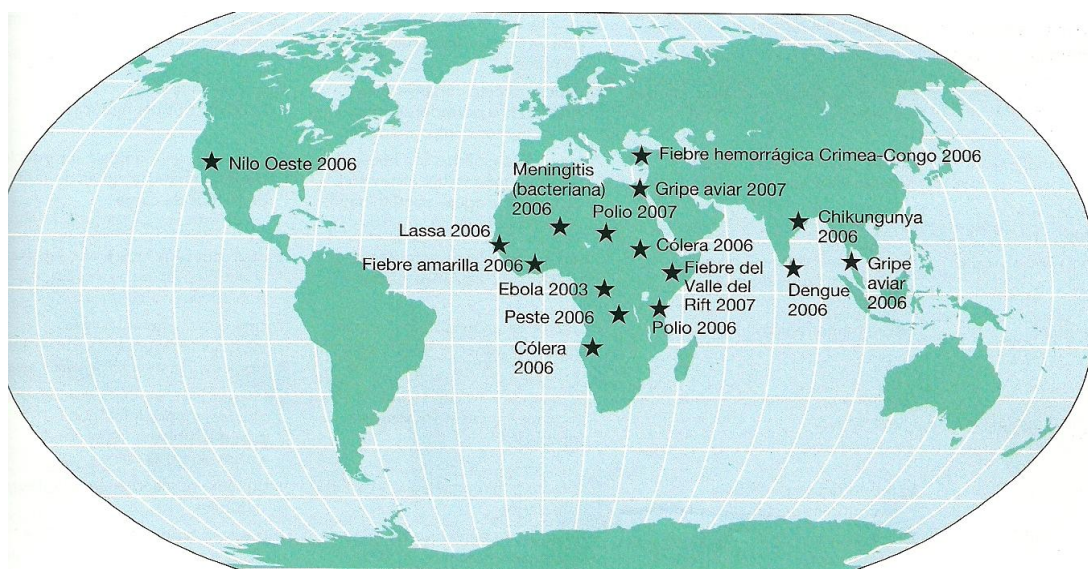


Figura 6.1.: Brots recents de malalties infeccioses emergents i reemergents. (Madigan *et al.*, 2009).

Les fluctuacions climàtiques interanuals són un determinant important d'epidèmies en llocs on el clima regeix les dinàmiques dels vectors, els índexs de desenvolupament d'agents infecciosos o el comportament humà. Tot i que les relacions de causa-efecte entre el clima i les epidèmies de malalties infeccioses fa temps que han estat establertes, els esforços significatius per predir-ne la incidència han estat escassos (Forest, 2002). En els casos en què s'han desenvolupat sistemes de predicció, el temps d'anticipació de les prediccions generalment ha estat massa curt perquè es pogués portar a terme una actuació eficient. És per aquest motiu, que cal que les previsions climàtiques estacionals i interanuals avisin més aviat dels canvis en els riscos d'epidèmia (Jofre, 2008). De la mateixa manera, els serveis de salut han d'estar en condicions de reconèixer “esdeveniments insòlits” que poden senyalar la presència de malalties noves o de nous brots d'antigues, i de reaccionar de manera ràpida i apropiada (WHO, 2003).

6.1. Previsions estacionals multimodel

Preveure les probabilitats d'incidències anormalment altes i baixes, amb un grup de prediccions climàtiques fonamentades dinàmicament en una escala cronològica estacional multimodal, pot ser de gran utilitat pels principals models climàtics acoblats oceà-atmosfera globals desenvolupats a nivell planetari (Jofre, 2008). L'investigador de l'European Centre for Medium-Range Weather Forecasts, (Regne Unit) Francisco Doblas, ha aplicat aquest sistema de prediccions amb el risc de malària a Botswana, on la relació entre malària i variabilitat climàtica està ben establerta (Thomson *et al.*, 2006). Afirmar que el sistema permet fer prediccions amb quatre mesos més d'antelació que en el cas de les previsions fetes utilitzant les precipitacions observades i, al mateix temps, presenta una precisió comparativament elevada de les tècniques de predicció de probabilitats. També està estudiant l'aplicació operativa del sistema a la detecció precoç i el control efectiu de les epidèmies en una sèrie de països de l'Àfrica del Sud, i la possibilitat d'adaptar aquesta metodologia a les epidèmies d'altres malalties tropicals infeccioses, com el còlera o la meningitis (Thomson *et al.*, 2006).

L'atribució d'impactes ambientals a les emissions antropogèniques de gasos hivernacle desvetlla cada vegada més interès. Aquest interès prové de la necessitat d'avaluar la importància del canvi climàtic antropogènic, de la necessitat de poder protegir a la societat contra els nivells de risc actuals, i de compensar els qui actualment ja n'estan afectats. Si es té en compte la importància de les malalties en el nivell de risc actual de les nostres societats, els impactes en la salut es troben potencialment entre els impactes més importants derivats del canvi climàtic antropogènic (Stone, 2006).

La relació entre el clima i malalties ja fa temps que és reconeguda, sobretot pel que fa a la seva distribució geogràfica i al cicle estacional de la seva incidència (Randolph, 2004). La recerca de la relació entre malalties i els canvis en el clima no és trivial, a causa de la complexitat tant del sistema epidemiològic com del sistema climàtic, i també a causa de la complexitat de les interrelacions entre ambdós i del limitat volum d'observacions que es tenen de cadascun. Per establir aquesta relació cal recórrer a la modelització del sistema climàtic, la transmissió dinàmica de la malaltia, i les relacions entre l'un i l'altra (Stone, 2006).

Les observacions preses del món real són d'una mostra única amb les emissions antropogèniques incloses, per tant a l'hora de determinar com seria el món sense les emissions per part de la humanitat resulta imprescindible la modelització. Aquesta modelització també és necessària per determinar la variabilitat del sistema clima-malaltia, a fi d'avaluar la incertesa estadística dels resultats (Stone, 2006).

6.2. El per què de les malalties emergents i reemergents

Les hipòtesis que intenten explicar el per què de l'emergència i reemergència de malalties infeccioses poden ser diverses, però es poden resumir en dos conceptes: novetat i canvi de vida. La població humana, com des de l'inici de la seva existència, ha evolucionat, i en els últims anys ràpidament: nous ambients, noves tecnologies, avanços científics, canvis en el comportament i la vulnerabilitat. Alguns dels factors associats amb els patògens emergents són, per exemple, les pràctiques en la gestió de les aigües residuals, els canvis demogràfics i els factors socioeconòmics (IPCC, 2007).

En definitiva, d'acord amb l'Organització Mundial de la Salut, es poden citar com a causes múltiples factors que intervenen en el desenvolupament d'aquest complex grup de malalties, que són les següents (WHO, 2003):

- Canvis ambientals:
 - Canvis climàtics i desforestació (que desplaça la fauna salvatge i l'aproxima a nuclis urbans, fet que augmenta el contacte animal-humà), la contaminació de l'aire, aigua i sòl, variacions climàtiques, cicles de corrents marítimes en àrees costaneres, entre d'altres.
 - Desenvolupament de projectes de nous recursos (embassaments i reg).
 - Sistemes de refrigeració.
 - Canvis en la pràctica agrícola i industrial.
 - Dissenys i explotació inadequats de sistemes de transport d'aigua.
 - L'evolució fenotípica contínua, de la que es valen els microorganismes patògens com a mecanisme de supervivència.

- Canvis en el comportament i vulnerabilitat humans:
 - Circulació, accessibilitat i rapidesa en el transport: increment dels desplaçaments internacionals que faciliten els risc d'infecció i la introducció de nous casos en països distants.
 - Canvis demogràfics i d'estils de vida que determinen aglomeració en barris amb alt grau d'exclusió social, d'habitatges inadequats, mancats de serveis bàsics de salut ambiental, amb condicions antihigièniques.
 - Augment de la mida de les poblacions amb alt risc (majors de 65 anys, immunodeprimits, etc.).
 - La incursió de persones en àrees remotes, no habitades, en les que hi ha la possibilitat de que existeixin agents potencialment patògens per a l'ésser humà, transmesos per la fauna local –artròpodes i rosegadors–.
 - Accés accidental o deliberat als patògens.
 - Ús inadequat d'aliments en qualsevol etapa: producció, transport, emmagatzematge, venda i consum, que determinen riscos de contaminació.
- Noves tecnologies:
 - Desenvolupament de projectes de nous recursos.
 - Sistemes de refrigeració.
 - Canvis en pràctiques agrícoles i industrials.
 - Tractament de les aigües.
- Avanços científics:
 - Inapropiat i excessiu ús d'antibiòtics, antiparàsits, insecticides i pesticides, que es tradueixen en mobilització de vectors, de reservoris i d'agents causals.
 - Millora en els mètodes de detecció i anàlisi.
 - Canvi en les pràctiques agrícoles i industrials.
 - Sistemes de vigilància epidemiològica, de diagnòstic, i de comunicació sanitària amb diferents graus de desenvolupament, dins del propi país o entre països, que dificulten el coneixement oportú de l'evolució de les malalties i que retarden o dificulten les mesures correctives necessàries.

Com a conseqüència d'aquests elements, en els últims anys s'ha observat un augment notable de les malalties infeccioses emergents i reemergents, en totes les regions del món (IPCC, 2007). Els experts de l'IPCC senyalen que és poc probable que la situació canviï en un futur pròxim, però que s'hauria de prevenir que aquestes malalties continuessin apareixent. També senyalen, que la millor defensa és conèixer i diagnosticar-les el més aviat possible, comprendre la seva epidemiologia i la seva biologia bàsica i estar preparats per respondre ràpidament amb intervencions racionals i eficaces, tant a nivell local, regional com intercontinental.

Les malalties infeccioses emergents més freqüents i rellevants són infeccions enzoòtiques (Jofre, 2008), com per exemple la síndrome respiratòria aguda greu (SRAG), la grip aviària i la síndrome d'immunodeficiència adquirida (SIDA). Aquest últim virus va experimentar un salt d'hoste de simi a home com a conseqüència de petits canvis genètics (Plantier *et al.*, 2009). Aquestes mutacions haurien propiciat la infecció i posterior propagació en humans de les noves variants genètiques dels patògens (Cann, 2005). D'altres simplement han ocupat àrees geogràfiques noves; aquest és el cas de la febre de l'oest del Nil, que recentment ha creuat l'oceà Atlàntic i ha arribat als Estats Units d'Amèrica (Woolhouse i Gaunt, 2007).

Hi ha moltes i diverses explicacions per l'emergència i reemergència de malalties infeccioses. A l'Institute of Medicine Committee on Emerging Microbial Threats to Health in the 21st Century dels EUA han detectat les següents: canvis genètics dels patògens; susceptibilitat de l'home a les infeccions; clima i temps meteorològic; canvis en molts ecosistemes; desenvolupament econòmic i ús del territori; demografia i comportament humà; tecnologia i indústria; comerç i turisme internacional; interrupció en uns llocs de mesures de salut pública i col·lapse en uns altres; pobresa i desigualtat social; guerra i fam, i manca de voluntat política en el control de les malalties en algunes àrees del planeta (Smolinski *et al.*, 2003). Aquesta llista ens indica que les causes de l'emergència i reemergència de malalties infeccioses són complexes i en alguns casos interdependents. En definitiva, reflecteix els impactes de canvis demogràfics, ambientals i tecnològics que s'han produït molt ràpidament.

6.3. Efectes del canvi climàtic sobre les malalties infeccioses

Les malalties infeccioses que es poden veure afectades pel canvi climàtic es solen ordenar en els següents quatre grans grups: i) les transmeses per via fecal-oral, i per tant, per l'aigua; ii) les transmeses per via respiratòria, i per tant, per l'aire; iii) les que es transmeten per via de vectors poiquiloterms hematòfags; iv) les potencials noves zoonosis (Jofre, 2008). En aquest apartat s'analitza l'efecte de cada un d'aquests grups.

6.3.1. Malalties transmeses per l'aigua

Existeix una clara relació entre els increments en la precipitació i els brots de malalties transmeses per l'aigua (http://www.who.int/water_sanitation_health/database/en/index.html). A més, s'espera que el canvi climàtic comporti un major nombre de fenòmens extrems de precipitació i més severos (IPCC, 2007). Alguns dels majors brots de malalties transmeses per l'aigua a nombrosos països de l'hemisferi nord han estat resultat d'events de precipitació extrems. Als Estats Units des de 1948 fins al 1994, les fortes inundacions s'han relacionat amb la meitat dels brots de malalties transmeses per l'aigua (Curriero *et al.*, 2001). Per exemple, al maig del 2000, fortes pluges a Ontario, EUA, van resultar amb 2300 afectats i set morts després de beure l'aigua corrent (Hrudey, 2003).

El major coneixement de les relacions entre l'aigua i la salut han permès la identificació de patògens desconeguts, així com també s'ha observat que l'espectre de malalties i la incidència de malalties infeccioses es pot expandir (WHO, 2003). Des del 1970 s'ha observat que noves espècies de microorganismes patògens procedents de femta humana i animal poden arribar a l'aigua, multiplicant-se per dos el nombre total d'agents infecciosos identificats i el nombre de virus i prions identificats (*figura 6.2.*), i s'ha estudiat la seva distribució, on es pot veure que tres quartes parts corresponen a virus, prions i bacteris (*figura 6.3.*). També existeix certa preocupació pels biofilms que poden créixer en els conductes de distribució de l'aigua, sobretot si són antics. Tot i que contenen principalment microorganismes innocus, si algun patògen colonitza el biofilm, les pràctiques de cloració estàndard no aconseguirien eliminar-lo, i es creu que es podria propagar amb major freqüència, com el bacteri del còlera (Madigan *et al.*, 2009).

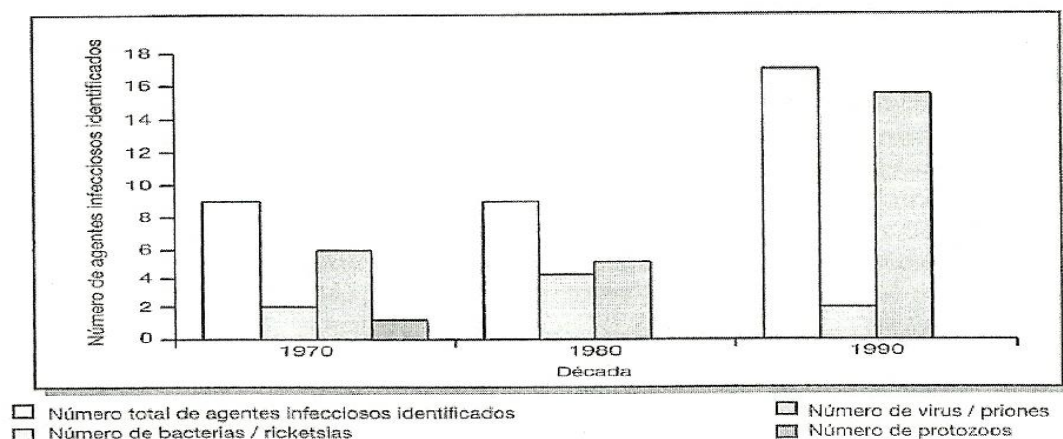


Figura 6.2.: Taxa de descobriment de patògens emergents a l'aigua. (WHO, 2003).

La supervivència dels microorganismes patògens a l'aigua es pot veure afectada per factors climàtics, sent la temperatura i les radiacions els elements més importants (Medema *et al.*, 1997; Enriquez *et al.*, 2000). Alhora, molts microorganismes s'uneixen a sòlids i persisteixen a sediments d'aigües superficials o a components del sòl. Episodis de pluja intensa mobilitzen els microorganismes atrapats a sediments, a fangs de depuradora i al sòl, i s'han registrat augments significatius del nombre de microorganismes indicadors de contaminació fecal en aigües de platges (Vidal i Lucena, 1997), aigua de deu i aigua de xarxa de distribució per aquest motiu (Méndez *et al.*, 2004).

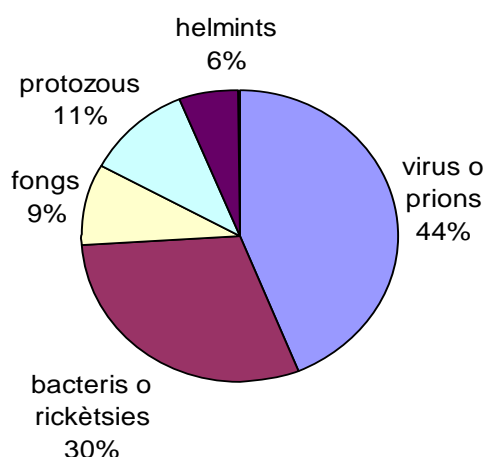


Figura 6.3.: Distribució de patògens emergents a l'aigua per grups. (Elaboració pròpia a partir de dades de WHO 2003).

6.3.2. Malalties transmeses per l'aire

El canvi climàtic pot afectar tant la supervivència com la dispersió –mobilització i transport– dels microorganismes patògens que es transmeten per l'aire (Jofre, 2008). Els microorganismes que afecten les vies respiratòries es transmeten pels aerosols, que es generen quan hom parla, esternuda, estossega, etc. Depenent de la zona del tracte respiratori d'on s'originen, els aerosols contenen diferents microbis, tenen diferents mides i percentatge d'aigua –entre d'altres característiques– (Hanley i Borup, 2010). La temperatura i humitat relativa de l'atmosfera tenen efectes sobre la persistència dels aerosols a l'aire; i la temperatura, la humitat relativa de l'aire i la radiació ultraviolada la tenen sobre la supervivència dels microorganismes dins dels aerosols (Mohr, 2001).

El transport d'alguns tipus d'aerosols a través de tempestes de pols –que es preveu que siguin cada cop més freqüents, com a conseqüència de la desertització creixent en algunes zones del planeta– també es veurà incrementat pel canvi climàtic (Jofre, 2008). Ha quedat demostrat que aquestes masses de pols aixecades – que poden viatjar llargues distàncies, com la pols que arriba a Catalunya del Sàhara- transporten bacteris –com ara, *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Staphylococcus*, *Arthrobacter*, *Neisseria*, *Corynebacterium*, etc.- i fongs infecciosos – per exemple, *Aspergillus*, *Alternaria*, *Cladosporium*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Coccidioides*, etc.– que es troben al sòl (Griffin, 2007). Tot i això, l'emergència i reemergència d'aquestes malalties transmeses per l'aire només s'ha identificat en algun brot de coccidioïdosi (*Coccidioides immitis*) lligat a tempestes de pols als Estats Units d'Amèrica (Hector i Laniado-Laborin, 2005).

Els fomites⁵ tenen també un paper important en la transmissió d'infeccions respiratòries, i de les transmeses per via fecal-oral. La supervivència dels microorganismes patògens en els fomites depèn, entre altres factors, de la temperatura i la humitat relativa de l'aire (Boone i Gerba, 2007; Kramer *et al.*, 2006).

Alguns models fets per avaluar l'impacte del canvi climàtic al Regne Unit, en funció de l'increment de temperatures mitjanes, pronostiquen un clar descens de les denominades *malalties d'hivern*, incloses les infeccioses (Langford i Bentham, 1995).

⁵ Terminologia emprada pels higienistes, que significa superfícies inanimades.

6.3.3. Malalties transmeses per vectors

Les àrees de distribució, la durada dels períodes d'activitat del vector i de multiplicació dels patògens en el vector, es poden veure afectades pel canvi climàtic (Jofre, 2008). El canvi climàtic pot ampliar la durada de l'estació de transmissió i facilitar la dispersió dels vectors a latituds i altituds més elevades i incrementar la multiplicació del patògen en el vector, però també, un excés de calor pot reduir la supervivència dels vectors en algunes àrees on habiten actualment (McCarthy *et al.*, 2001). Dins de les malalties transmeses per vector cal tenir en compte el canvi en les zones de distribució dels hostes homeotermes no humans, les variacions en les zones de distribució i en els períodes d'activitat dels vectors poiquilotermes i els períodes de multiplicació dels patògens en els vectors (Jofre, 2008).

Pel que fa a la variació de les zones de distribució dels vectors poiquilotermes, aquesta afectaria un bon nombre de malalties transmeses per mosquits, i s'espera l'emergència i reemergència de malalties com la malària, el dengue, el Chikungunya, la febre groga i algunes encefalitis víriques –febre del Nil Occidental– (Jofre, 2008). També afectaria a encefalitis víriques lligades a paparres –sent objecte d'estudi a l'Europa central darrerament–, i a la malaltia de Lyme. Hi ha estudis recents que pronostiquen un augment en la distribució de la paparra del gènere *Ixodes* en latitud al Canadà, i que és el vector d'encefalitis víriques, per tant s'espera una reemergència en aquestes noves zones del Canadà (figura 6.4.) (Ogden *et al.*, 2006). Aquesta previsió es basa en models matemàtics que tenen en compte el ritme de creixement de població actual i el mateix ritme d'emissió de gasos d'efecte hivernacle (Greer *et al.*, 2006).

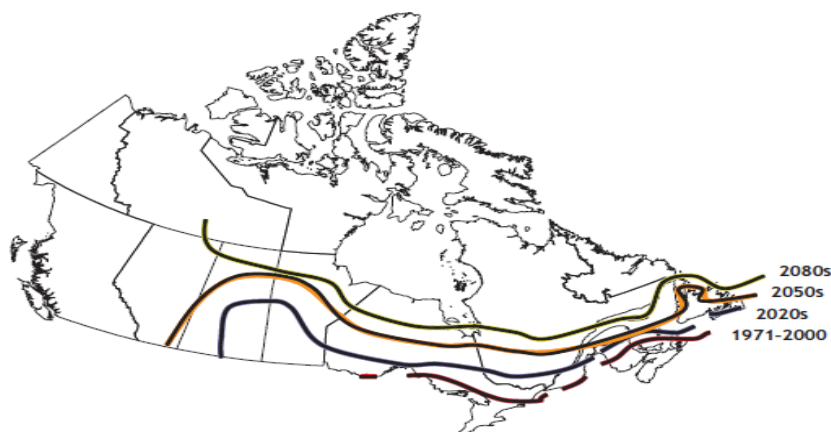


Figura 6.4.: Distribució esperada de la paparra del gènere *Ixodes* al Canadà en anys successius. (Greer *et al.*, 2006).

A Suècia s'ha descrit que després d'uns quants hiverns més càlids del que és habitual, les paparres del gènere *Ixodes* que transmeten la malaltia de Lyme s'han estès cap al nord (Lindgren *et al.*, 2000). De totes maneres hi ha certa discrepància sobre les causes d'aquesta dispersió, ja que alguns autors creuen que és deguda a un augment de la densitat de les poblacions d'uns rosegadors, que són els seus hosts homeotermes, la qual s'hauria produït degut a canvis en l'ús del territori (Githeko *et al.*, 2000).

6.3.4. Zoonosis

Noves distribucions geogràfiques de les espècies animals; el descens de la biodiversitat, que tindria com a conseqüència l'augment de les densitats d'algunes espècies, i l'aparició de noves rutes migratòries d'aus, que poden ser alhora hosts homeotermes no humans i també transportadors dels vectors hematòfags (Hubálek, 2004), podrien comportar l'aparició de noves zoonosis a certes zones geogràfiques.

Recents zoonosis emergents han tingut un impacte significatiu en els països industrialitzats, tot i disposar d'uns sistemes de sanitat desenvolupats i les infraestructures de salut necessàries (Vorou *et al.*, 2007; Murphy, 2008), i els seus impactes són més greus als països en vies de desenvolupament. Quan les malalties emergents es transformen en endèmiques, no només continuen sent la causa de morbiditat i mortalitat en humans i animals, sinó que també representen una amenaça per a futures epidèmies, si es donen les condicions per a la transmissió, tenint un paper important les variables climàtiques (Jones *et al.*, 2008).

La tendència de les malalties infeccioses emergents suggereix que la freqüència d'events de zoonosis a la natura no disminuirà en un futur (McMichael, 2004; Woolhouse i Gaunt, 2007). En tot cas, amb l'augment de les poblacions humanes i animals, amb les variacions climàtiques i la desforestació —que desplaça a molts animals—, les tendències apunten a un augment continu de l'emergència de zoonosis, però tot i així, es desconeix quan i on es produirà (King *et al.*, 2004; Morens *et al.*, 2004).

Aquest fenomen d'emergència o reemergència de zoonosis podria tenir més importància a zones peripolars o a zones poc habitades per l'home actualment (Jofre, 2008). El canvi climàtic podria afavorir l'ocupació d'aquests territoris tant per espècies animals ara absents com per l'home (Jofre, 2008).

7. Les malalties infeccioses vs el canvi climàtic

Les confluències de la salut humana i animal, juntament amb la fauna salvatge, creen noves oportunitats per a que els patògens emergeixin o reemergeixin.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL

En aquest apartat es citaran, descriuran i explicaran les malalties infeccioses potencialment més afectables pel canvi climàtic, amb major risc d'expansió i augment d'incidència al planeta. Es procedirà per ordre alfabètic de la malaltia coneguda de forma comuna en català.

7.1. Chikungunya

El nom és d'origen makonde⁶ i significa *malaltia de l'home encorbat*, degut al fort dolor articular que provoca l'artritis associada a la malaltia.

7.1.1. Descripció

La febre de Chikungunya és una forma de febre viral causada per *Alphavirus* i transmès per les picades del mosquit infectat *Aedes aegypti*, sent descrita per primer cop al 1955 (Robinson, 1955). Actualment es creu que també pot ser transmès per *Aedes albopictus* –el conegut com mosquit tigre–. Avui dia les dues espècies de mosquit pertanyen al gènere *Stegomyia*.

Els primers símptomes són semblants a la malària o al dengue. S'inicia el quadre simptomatològic amb febre superior als 40 °C, seguida d'eritemes⁷ i dolor a les articulacions persistent durant mesos post-infecció. També pot provocar lesions neurològiques greus i letals al fetus.

⁶ Grup ètnic del sud-est de Tanzània i nord de Moçambic.

⁷ Vermellor de la pell associat a un procés inflamatori.

Normalment la malaltia s'autolimita en persones immunològicament sanes, presentant una mortalitat del 0,4 % en menors d'un any i augmentant el percentatge en persones immunològicament deprimides, com la gent gran. Els mosquits obtenen el virus ingerint sang d'humans infectats, o de primats. La transmissió directa entre humans no està demostrada.

No existeix un tractament curatiu, pel que s'aplica exclusivament un tractament simptomàtic a base de paracetamol. Existeix una vacuna, però no s'aplica a la població, només a personal de laboratori.

7.1.2. Distribució a nivell mundial

Aquesta malaltia és present en tota l'Àfrica subsahariana, al sud de la península àrabra, a l'Índia i en el sud-est asiàtic (figura 7.1.).



Figura 7.1.: Països i àrees de risc de Chikungunya, any 2009.
(http://gamapserver.who.int/mapLibrary/Files/Maps/Global_Chikungunya_ITHRiskMap.png)

7.1.3. Emergència i/o reemergència

Les causes d'emergència d'aquesta malaltia es deuen a l'escàs control dels mosquits, l'exposició a l'aire lliure i la ràpida disseminació a poblacions no immunes (Madigan *et al.*, 2009).

A l'estiu de 2007, va haver-hi un petit brot –unes cent cinquanta persones afectades- a la zona del delta del Po a Itàlia, per la introducció per avió del virus (Rezza *et al.*, 2007). La coincidència de l'arribada d'un viatger infectat que provenia d'una zona endèmica d'Àsia que va introduir el virus a una zona prèviament lliure d'aquest, i la introducció i adaptació al clima temperat de la zona del mosquit *Aedes albopictus* va fer possible l'epidèmia (Rezza *et al.*, 2007). Les soques del virus introduït a Itàlia tenien una mutació de substitució en un aminoàcid de la glicoproteïna E1, augmentant la infectivitat del virus per *A. albopictus* (Vazeille *et al.*, 2007; Tsetsarkin *et al.*, 2007).

El clima italià sempre ha estat adequat per *A. albopictus*, sobretot a l'estació càlida, però es va plantejar si el canvi climàtic ha creat o pot arribar a crear un territori més fèril per la propagació d'infeccions, inclús a latituds superiors (Anonymous, 2008).

Al 2008 no hi va haver cap cas de Chikungunya a la zona italiana del delta del Po (Delatte *et al.*, 2008). Segurament va ser per la conseqüència de tres factors: i) l'absència de casos en humans durant l'hivern degut a la gran reducció de l'activitat d'*A. albopictus*; ii) les activitats realitzades durant el control de mosquits posterior a l'epidèmia del 2007; iii) la taxa extremadament baixa de transmissió transovàrica de la infecció (és a dir, la transmissió dels mosquits adults a les larves) (Delatte *et al.*, 2008).

7.2. Còlera

El bacteri responsable del còlera va ser aïllat per primer cop per Robert Koch al 1885 (Madigan *et al.*, 2009).

7.2.1. Descripció

El còlera està causat pel bacteri *Vibrio cholerae*, altament relacionat amb la disponibilitat d'aigua, ja que es transmet gairebé de forma exclusiva per aquest fluid. Altres mecanismes d'adquirir la infecció són el marisc cru o vegetals rentats amb aigua contaminada. Després de la ingesta d'un alt nombre de bacteris –perquè cal superar l'acidesa de l'estómac–, aquests s'estableixen a l'intestí prim. Aquí produeixen una

enterotoxina, que indueix a la pèrdua de líquids de les cèl·lules intestinals, produïnt diarrees greus, perden fins a 20 litres al dia (Madigan *et al.*, 2009). La taxa de mortalitat del còlera no tractat és del 25-50 % i pot ser més elevat en condicions de malnutrició (<http://www.who.int/topics/cholera/surveillance/en/index.html>).

Segons l'OMS es registra tan sols el 5-10 % dels casos totals, per tant es calcula que la incidència del còlera supera el milió de casos per any. Segons l'OMS, un 15-30 % dels nens menors de cinc anys moren anualment per trastorns diarreics associats al còlera. Tot i així, en els últims trenta anys ha decaïgut la mortalitat, però no la incidència de casos (<http://www.who.int/topics/cholera/surveillance/en/index.html>).

El còlera té un tractament simple, eficaç i barat, administrant per via intravenosa o oral una teràpia de reemplaçament de líquids i electròlits (Madigan *et al.*, 2009). Això redueix la mortalitat a l'1 %. També hi ha fàrmacs que escurcen el curs de la infecció.

7.2.2. Distribució a nivell mundial

El còlera és una malaltia endèmica a Àfrica, sud-est asiàtic, Índia i alguna zona d'Amèrica del Sud (figura 7.2.). Cada any, però, es descriuen varis casos a països industrialitzats, generalment casos importats deguts, majoritàriament, a menjar contaminat, sobretot marisc cru (Madigan *et al.*, 2009).

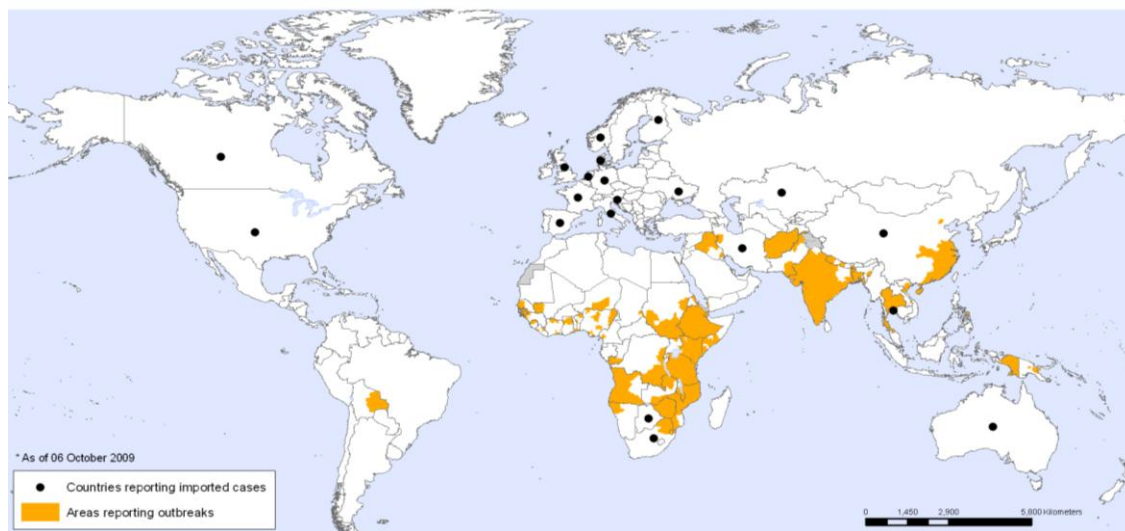


Figura 7.2.: Zones que comunicaren brots de còlera, entre 2007-2009*.

(http://gamapserver.who.int/mapLibrary/Files/Maps/Global_CholeraCases_ITHRiskMap.png)

7.2.3. Emergència i/o reemergència

L'agent causal del còlera, a diferència de la gran majoria de microorganismes de transmissió fecal-oral –que a l'aigua no es multipliquen i van morint amb el pas del temps–, es multiplica en l'ambient aquàtic i un petit augment de la temperatura n'afavoreix la multiplicació (Schild *et al.*, 2008).

Fa cinquanta anys va desaparèixer als països industrialitzats, i en l'actualitat és una malaltia associada a la pobresa i a l'estancament i contaminació de les aigües (Colwell, 1996).

El còlera es va reintroduir a Sud-Amèrica al 1991. Des d'aleshores s'ha registrat més d'un milió de casos i prop de 10.000 defuncions (www.who.int). En els últims anys la notificació de casos es va reduir en alguns països, havent-se presentat brots a Brasil, Argentina i Centre-Amèrica. L'Organització Panamericana de la Salut (OPS) estima que el control del còlera en aquesta regió requereix una inversió de 200.000 milions de dòlars americans, i una dècada intensa de millora dels abastiments d'aigua, del control dels aliments, de l'ús adequat d'aigües servides i el desenvolupament de pràctiques higièniques saludables (<http://new.paho.org/hq/>). El còlera va posar en evidència que les condicions de vida inadequades, el narcotràfic clandestí i les migracions, constitueixen factors fonamentals en la disseminació d'una malaltia, que va arribar al continent des d'altres regions d'on és endèmica (<http://new.paho.org/hq/>).

Al segle XIX van haver nombroses epidèmies a Espanya, com la de 1834 a Granada (Rodríguez, 1983), y la de Santander al mateix any (Maestre, 1985). A Catalunya, també varen haver greus epidèmies, com la de 1854 al Berguedà (Montaña, 1993) i l'epidèmia entre 1884 i 1886 a Amposta (López, 1981); de fet formava part de la vida quotidiana a certs indrets de la geografia catalana (Planes, 2005). El còlera va ser una preocupació de salut pública fins fa relativament poc a Catalunya, amb brots a Barcelona, València i Múrcia l'any 1971, amb 53 casos implicats en el cas de Barcelona (Guardia *et al.*, 1996). Actualment al territori català no té prevalença significativa, com la majoria de les malalties relacionades amb el clima.

Rodó *et al.* (2002) han descrit una relació molt significativa entre episodis de *el Niño* progressivament més forts i la prevalença de còlera a Bangla Desh durant un període de setanta anys. Els autors van trobar que l'associació entre la incidència de còlera i *el Niño* era molt dèbil i no correlacionada a la primera part del segle (1883-1940), mentre que des de 1980 fins a 2001 l'associació era molt forta i consistent (Rodó *et al.*, 2002). Estudis de Colwell (1996) han demostrat una relació entre la temperatura de la superfície del mar i els casos de còlera a Bangla Desh (figura 7.3.).

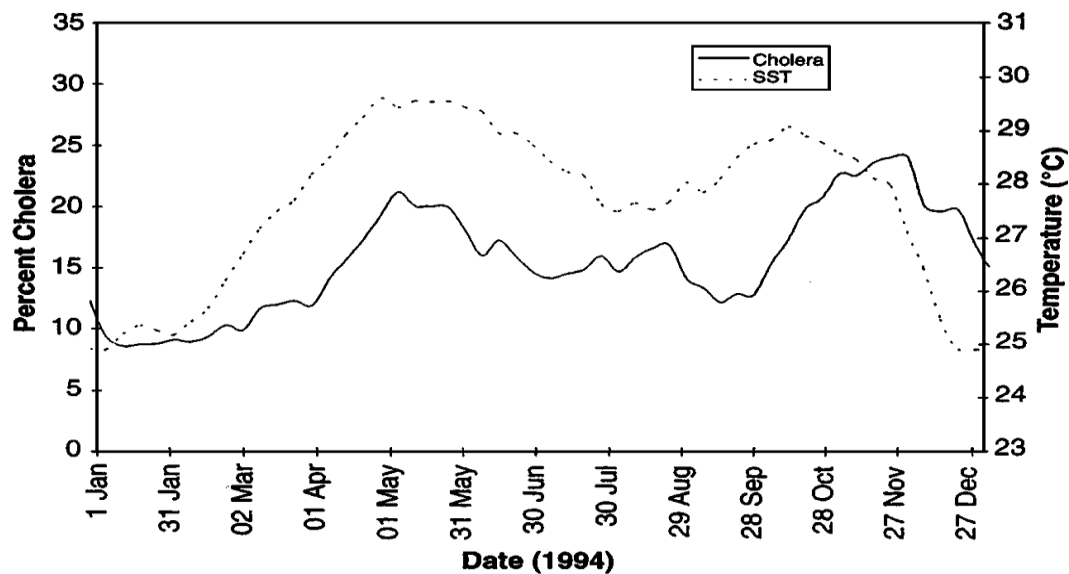


Figura 7.3.: Relació entre la temperatura superficial del mar (SST) i els casos de còlera a Bangla Desh, al 1994. (Colwell, 1996).

S'observa també una variabilitat interanual en períodes de més de set anys que té una forta correspondència amb les pluges i les descàrregues del riu Brahmaputra (relacionat amb els monsons) i uns períodes més curts (menors de set anys) que estan relacionats amb la variabilitat de *el Niño* i la seva influència en la temperatura (Koelle *et al.*, 2005). Estudis realitzats en altres països, per exemple Ghana (Constantin de Magny *et al.*, 2006), també han mostrat una associació entre incidència de còlera i variacions del clima, augmentant sempre els casos de la malaltia quan es donen fenòmens de precipitació abundant i d'augment de temperatures. A Perú també s'ha relacionat l'augment de la incidència de diarrees coincidint amb el fenomen de *el Niño* (Checkley *et al.*, 2005).

7.3. Dengue

Alguns experts consideren que el nom *dengue* ve de la contracció de la paraula *derrengue*, que era emprada al sud de la península Ibèrica per definir els símptomes de la infecció pel virus, ja que des de l'any 1778 fins ben entrat el segle XX –amb les epidèmies d'Atenes de 1927-1928–, el dengue es va observar al golf de Cadis i a la riba de la Mediterrània (Jofre, 2008).

7.3.1. Descripció

La febre del dengue (DF) és causada per qualsevol dels quatre serotips que té el virus del dengue (serotips 1, 2, 3 i 4), que és un arbovirus, de la família *Flaviviridae*. La infecció d'un serotip no protegeix dels altres, i les infeccions seqüencials poden augmentar el risc de patir la febre hemorràgica del dengue (DHF) i la síndrome de xoc per dengue (SCD).

El dengue és transmès entre persones pels mosquits *Aedes aegypti* i *Aedes albopictus*, que tenen una distribució gairebé mundial. Els mosquits requereixen temperatures estables d'entre 12 i 28 °C, i els seus ous són resistents a sequeres, podent sobreviure temps llargs. Els quatre serotips del virus del dengue es van originar als primats i de forma independent van fer el salt d'hoste als humans a l'Àfrica o al sud-est asiàtic fa entre 100 i 800 anys enrere (Effler *et al.*, 2005). La irrupció de la segona Guerra Mundial, transportant de forma accidental al mosquit *Aedes*, es creu que va ser la causa de la difusió del virus a bona part d'Europa.

Els símptomes de la infecció comencen de quatre a set dies després de la picada del mosquit, i típicament duren de tres a deu dies. Per a que es doni la transmissió del virus, el mosquit ha de picar durant cinc dies a la persona, ja que d'aquesta manera és com grans quantitats de virus entren en contacte amb la sang (<http://www.who.int/topics/dengue/en/>). Algunes persones mai tenen símptomes significatius, però poden infectar als mosquits, els quals romanen infectats tota la seva vida, podent transmetre la malaltia a altres persones.

El dengue és la malaltia infecciosa, transmesa per vector, més important del planeta (IPCC, 2007), causant aproximadament entre 50 i 100 milions d'infeccions i 25000 morts anuals (Gibbons i Vaughn, 2002). No existeix un tractament específic per al dengue, de manera que la lluita contra la malaltia es basa en la prevenció i control dels mosquits que actuen com a vectors. La iniciativa de l'OMS per la investigació de vacunes ha fet possible que actualment hi hagi dues vacunes experimentals en fase d'avaluació clínica avançada en països on el dengue és endèmic (<http://www.who.int/topics/dengue/en/>), mentre que altres vacunes estan en fases menys avançades.

7.3.2. Distribució a nivell mundial

A nivell mundial, el dengue, es troba a l'Amèrica llatina, a l'Àfrica subsahariana, Índia, Paquistan i al sud-est asiàtic, tot i que s'ha expansionat els últims deu anys (figures 7.4, 7.5 i 7.6). Avui dia al voltant de 2500 milions de persones –el 40 % de la població mundial– viuen en zones de risc de transmissió del dengue, sent endèmic en almenys cent països de les zones anteriorment citades (<http://www.who.int/topics/dengue/en/>). Hi ha zones on no hi ha activitat epidèmica del dengue, però sí que estan infestades pel vector *A. aegypti*, facilitant així l'augment de la distribució de la malaltia si el virus arribés a aquests territoris i es donessin les condicions per la transmissió (figura 7.4.).

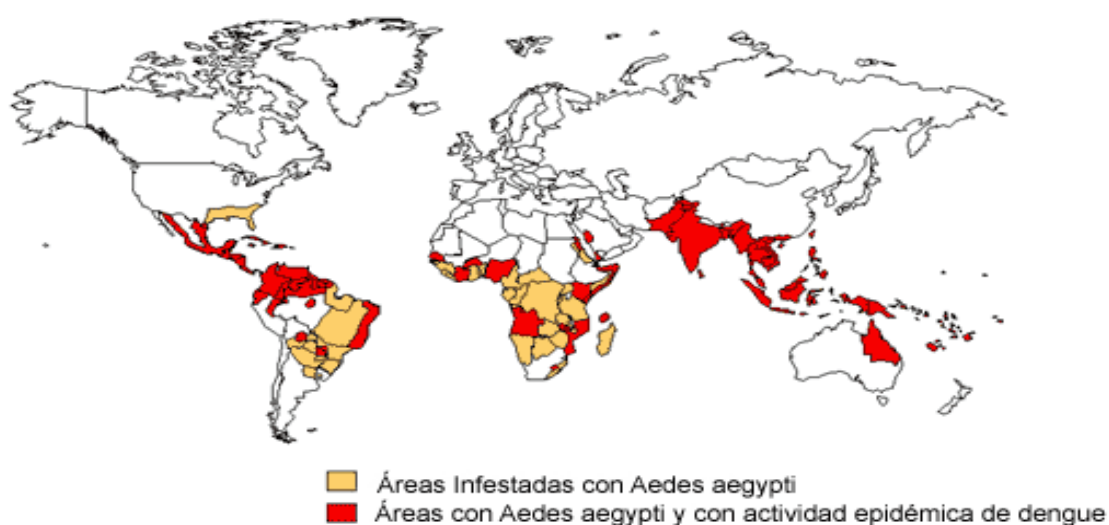


Figura 7.4.: Distribució del vector *Aedes aegypti* i del dengue al planeta, any 2000. (<http://www.cdc.gov/spanish/enfermedades/dengue/viajero.htm>).



Figura 7.5.: Països i àrees de risc del dengue, any 2006.
(http://gamapserver.who.int/mapLibrary/Files/Maps/Global_DengueTransmission_ITHRiskMap.png)



Figura 7.6.: Països i àrees de risc del dengue, any 2009.
(http://gamapserver.who.int/mapLibrary/Files/Maps/Global_DengueTransmission_ITHRiskMap.png)

7.3.3. Emergència i/o reemergència

Diferents estudis han informat de les associacions espacials (Hales *et al.*, 2002), temporals (Hales *et al.*, 1999; Corwin *et al.*, 2001; Gagnon *et al.*, 2001) o de patrons espai-temporals entre el dengue i el clima (Corwin *et al.*, 2001; Gagnon *et al.*, 2001; Cazelles *et al.*, 2005). Altres investigacions han manifestat que *el Niño* i *la Niña* poden haver afectat a l'aparició de la febre del dengue a la regió del sud-est asiàtic (Hales *et al.*, 2000). Tot i això, aquestes associacions no són completament consistents, el que

reflexa la gran complexitat dels efectes climàtics sobre la transmissió i/o la presència dels patògens i vectors (Cummings, 2004).

Si bé les grans precipitacions o les elevades temperatures poden donar lloc a un augment de la transmissió, els estudis han demostrat que la sequera també pot ser un atenuant en la malaltia, per la pràctica de l'emmagatzematge d'aigua a nivell domèstic, afavorint llocs òptims per a la cria del mosquit (Pontes *et al.*, 2000; Depradine i Lovell, 2004; Guang *et al.*, 2005).

Basats en el clima –temperatura, precipitacions, nuvolositat–, els mapes de densitat del principal vector del dengue, *Aedes aegypti*, coincideixen amb la distribució de la malaltia observada (Hopp i Foley, 2003). Aproximadament un terç de la població mundial viu en regions on el clima és propici per la transmissió del dengue, i es pot veure augmentat per variacions en el clima (Hales *et al.*, 2002; Rogers *et al.*, 2006).

La preocupació per la possibilitat d'aparició de dengue en territoris no habituals fins a dia d'avui, com a Estats Units, ha augmentat als últims anys (Morens i Fauci, 2008). Casos de dengue hemorràgic no existents abans del 1981 al continent sud-americà, es van fer presents entre 1981 i el 2003 (*figura 7.7.*) (San Martín *et al.*, 2010). Els casos notificats de dengue a Amèrica del Sud, Amèrica Central, Mèxic i el Carib es van quadruplicar, de 1.033.417 a la dècada dels vuitanta, a 4.759.004 durant el 2000-2007 (San Martín *et al.*, 2010), multiplicant-se per set els casos de dengue a Amèrica del Sud en un període de vint anys, des del 1980 al 2001 (*figura 7.8.*).

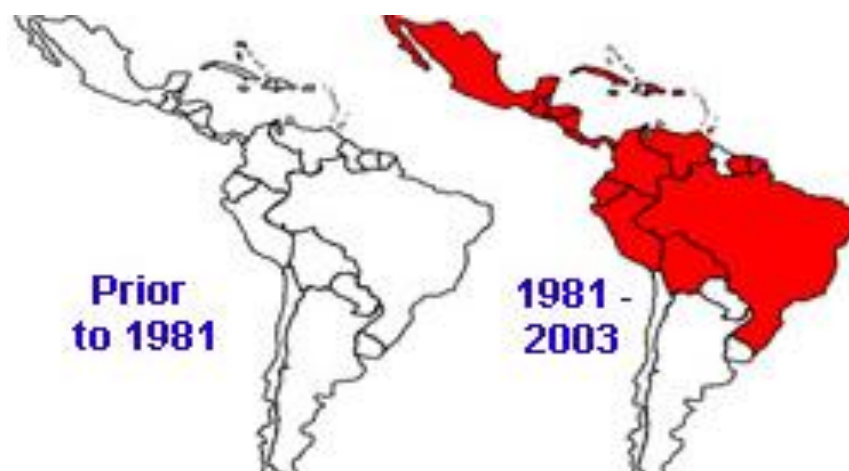


Figura 7.7.: Casos confirmats de DHF a Amèrica llatina, abans de 1981 vs. 1981-2003. (San Martín *et al.*, 2010).

La ràpida urbanització, amb una proliferació de cavitats on es pot quedar estancada l'aigua, com pneumàtics a l'aire lliure, que poden servir com a zones de cria del mosquit, l'augment dels viatges internacionals i la falta de mesures eficaces de control de vectors han estat les causes en la propagació del dengue, augmentant els casos tant de DF, com de DHF en molts països (*figura 7.9.*) (<http://www.who.int/topics/dengue/>).

Durant els últims vint anys, els casos de dengue als països industrialitzats ha augmentat, i la majoria són per viatgers que tornen de zones de risc (Wilder-Smith i Schwartz, 2005; Freedman *et al.*, 2006). Molts d'aquests viatgers són encara virèmics al seu retorn, i per tant, potencialment capaços d'introduir el virus del dengue a una comunitat amb els vectors competents. Degut a la preocupació pel creixent número de casos de dengue, a Estats Units, el Consell d'Epidemiòlegs Estatals i Territorials (les seves sigles en anglès, CSTE), va fer del dengue una malaltia de declaració obligatòria a nivell nacional al 2009 (Mohammed *et al.*, 2009).

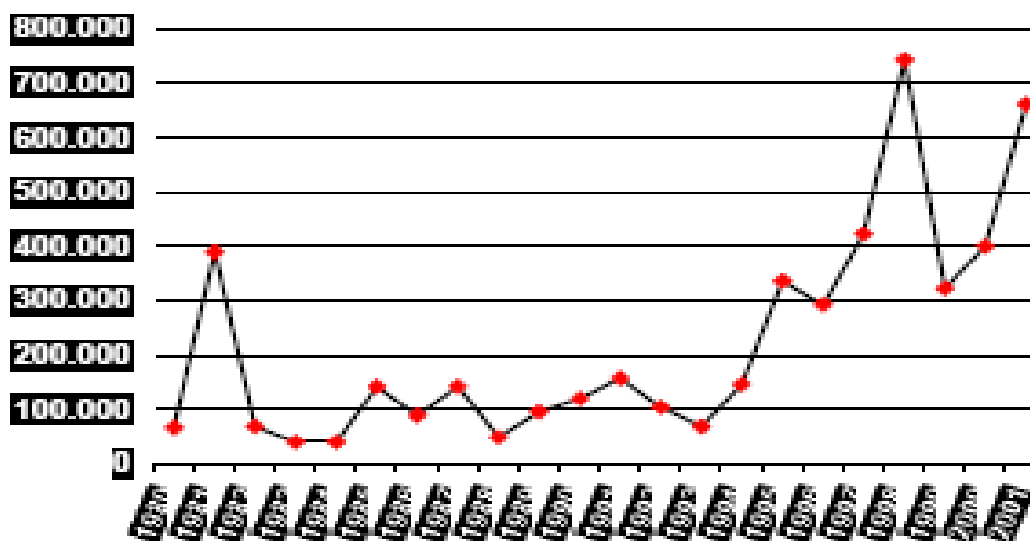


Figura 7.8.: Nombre de casos de dengue (DF) a Sud-Amèrica (eix y), des del 1980 fins a l'any 2001 (eix x). (www.who.int).

Abans de 1960 només quatre països havien tingut casos de DHF (*figura 7.10.*) Fins al 1980, només nou països havien sofert epidèmies de dengue hemorràgic, xifra que al 1995 s'havia multiplicat per quatre i al 2007 per sis (*figures 7.9 i 7.10.*). A mesura que la malaltia es propaga a noves zones, no només augmenta el número de casos, sinó que també el nombre de brots explosius i el risc d'epidèmies (http://www.who.int/csr/don/archive/disease/dengue_fever/en/index.html).

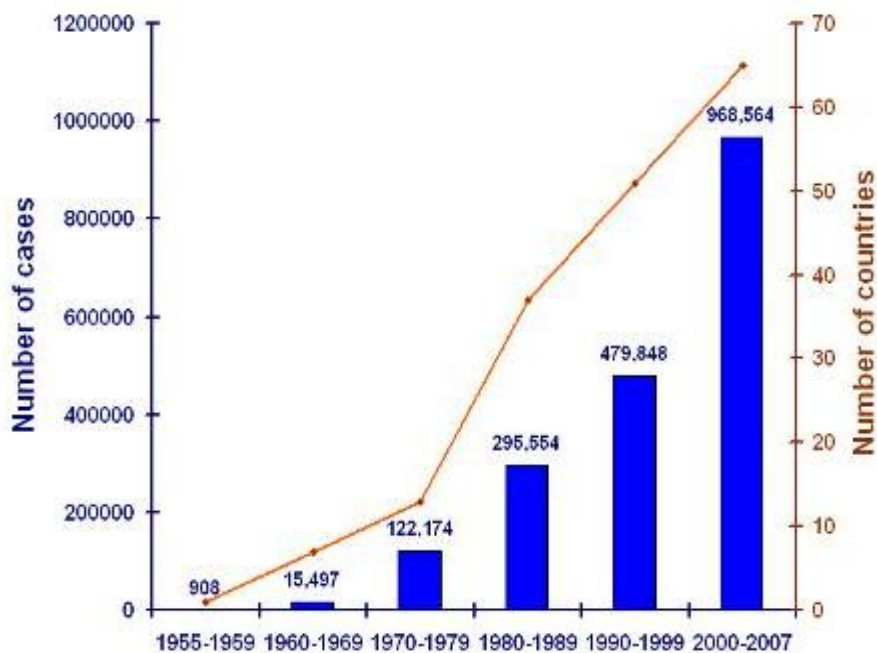


Figura 7.9.: Nombre de casos anuals de DHF respecte el nombre de països.
(<http://www.who.int/csr/disease/dengue/impact/en/>).

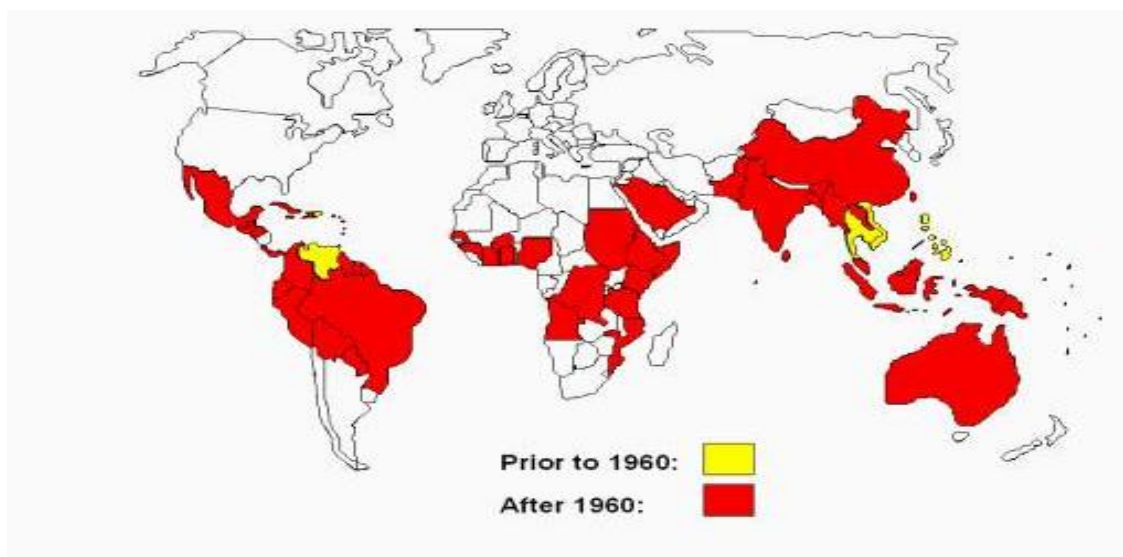


Figura 7.10.: Nombre de casos de febre hemorràgica (DHF), fins al 1996.
(<http://www.who.int/csr/disease/dengue/impact/en/>).

Per tant, el dengue és una important malaltia sensible al clima, limitada en gran mesura a les zones urbanes. Un model empíric basat en la projecció dels augments de pressió de vapor i l'augment mitjà i alt d'emissions de gasos d'efecte hivernacle, han

permès preveure les expansions dels vectors del dengue a parts d'Austràlia i Nova Zelanda (Hales *et al.*, 2002; Woodruff, 2005) (figura 7.11).

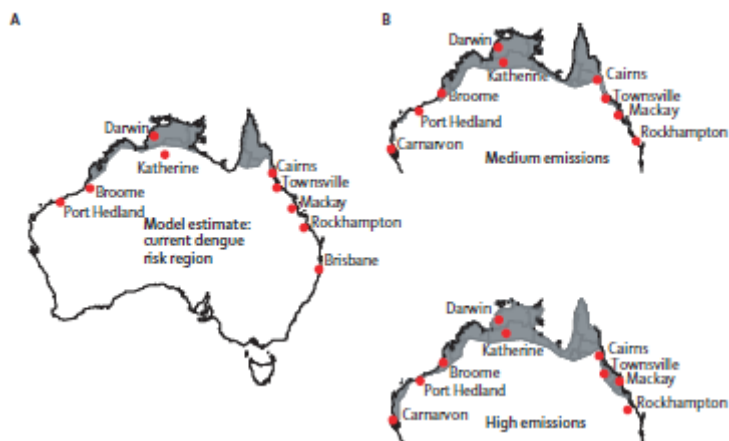


Figura 7.11.: Distribució actual del mosquit vector del dengue *A. Aegyptii* a Austràlia (A) i previsions futures (B). (McMichael *et al.*, 2006).

Es preveu que en el 2080 entre 5 i 6 mil milions de persones estaran en risc de contraure el dengue com a conseqüència del canvi climàtic i l'augment de la població, en comparació amb els 3,5 mil milions de persones si el clima es mantingués sense canvis (Hales *et al.*, 2002).

7.4. Febre del Nil Occidental

El virus s'anomena així perquè va ser aïllat per primer cop a una dona adulta al Districte del Nil Occidental d'Uganda, Àfrica, al 1937 (IWGCCH, 2009).

7.4.1. Descripció

La febre del virus del Nil Occidental és una malaltia causada pel virus del Nil Occidental (NO), un flavivirus (Madigan *et al.*, 2009). Aquest virus és transmès per vectors poiquiloterms –mosquits–, que afecten a una àmplia gamma de vertebrats, com aus migratòries. Degut a la proximitat espacial i temporal de les infeccions d'aus i humans, els epidemiòlegs han arribat a la conclusió que la transmissió segueix un cicle

enzoòtic: les aus actuen com a reservori natural infectant als mosquits, que a la vegada infecten a la resta de vertebrats (Gubler, 2000).

En humans, el virus del NO produeix generalment una infecció asimptomàtica – el 80 % dels casos– o una malaltia febril lleu, amb mal de cap i miàlgies, i ocasionalment amb erupció cutània. La infecció més greu pot caracteritzar-se per febre alta, rigidesa de coll, desorientació, coma, convulsions, paràlisis i rarament la mort (Centers for Disease Control and Prevention, 2000a), sent les persones majors de 50 anys més susceptibles de patir la malaltia.

La taxa de mortalitat en les infeccions diagnosticades és del 4 % (Madigan *et al.*, 2009). No existeix una vacuna eficaç per a l'home, ni fàrmacs antivirals eficaços.

7.4.2. Distribució a nivell mundial

El virus del Nil Occidental és endèmic a l'Àfrica. La primera identificació d'infecció humana per aquest virus va ocórrer al 1937 a Uganda –Àfrica–. En els anys cinquanta el virus es va estendre per Egipte i Israel i al 1990 ja havien aparegut brots a cavalls, aus i homes a alguns països europeus. Avui dia es considera endèmica a les poblacions d'aus a Amèrica del Nord (Madigan *et al.*, 2009).

7.4.3. Emergència i/o reemergència

La transmissió no és possible a temperatures inferiors a 20 °C a l'estiu, i els augments de temperatura poden produir un augment vectorial i incrementar el risc de transmissió. (Wilgoren, 1999). Les primaveres seques seguides d'estius molt calorosos acceleren la transmissió del virus del mosquit a aus.

Al 1999 es va descriure el primer cas als EUA, a Nova York, atribuït a la sequera de l'estiu anterior (Balbus i Wilson, 2000). Les larves de mosquit del gènere *Culex* es desenvolupen inicialment en aigua estancada, i la sequera de l'estiu va fer que l'aigua quedés estancada en clavegueres i piscines no utilitzades, donant-se les condicions ideals per al mosquit (Wilgoren, 1999). Va originar un brot molt important,

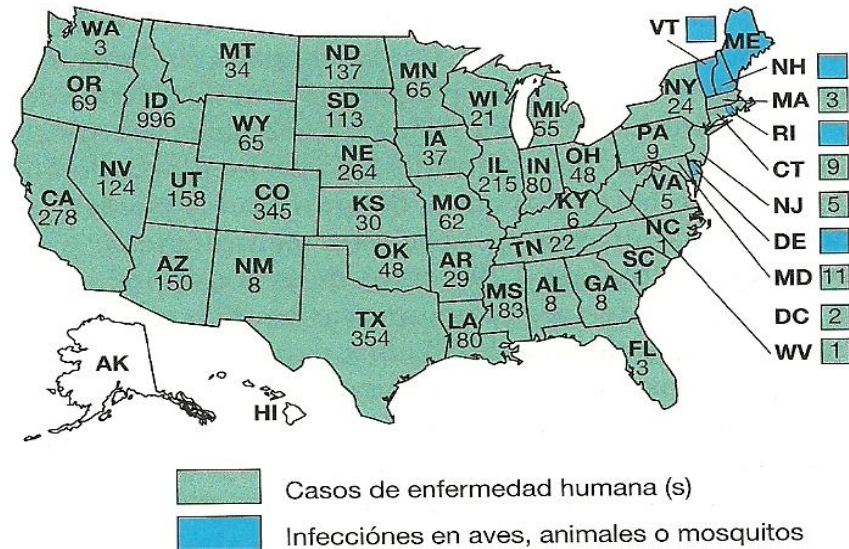


Figura 7.12.: Nombre de casos de febre del Nil Occidental als diferents estats d'EUA, al 2006.
(Madigan *et al.*, 2009).

Encara que no és probable, el virus del Nil Occidental es podria haver contingut quan va sorgir a Nova York al 1999, però el retard d'unes poques setmanes en reconèixer el brot en les aus i la identificació del virus, combinat amb l'absència d'una efectiva capacitat de control dels mosquits, va permetre al virus del Nil Occidental la seva ràpida extensió (IWGCCH, 2009) (*figura 7.13.*). Actualment és l'agent patològic que més ràpid està creixent als EUA (IWGCCH, 2009).

Es sospita que les aus migratòries són els principals hostes introductoris del virus (Gubler, 2000) per varis motius: i) els brots del virus en les regions temperades succeeixen en general durant el final d'estiu o principis de tardor, coincidint amb l'arribada de grans concentracions d'aus migratòries; ii) els brots sovint es donen entre els humans que viuen a prop de zones pantanoses on les aus migratòries estableixen contacte amb un alt nombre de mosquits; iii) es van trobar anticossos contra el virus a la sang de moltes aus migratòries a les regions temperades. La presència d'anticossos a les

aus indica que hi ha hagut una interacció virus-hoste, però no diu ni quan ni on. Per aquest motiu, la vigilància –principalment d’aus mortes–, les activitats de prevenció i el control de mosquits necessiten una bona coordinació. A més, investigacions futures han de definir els criteris per predir el pròxim destí del virus.

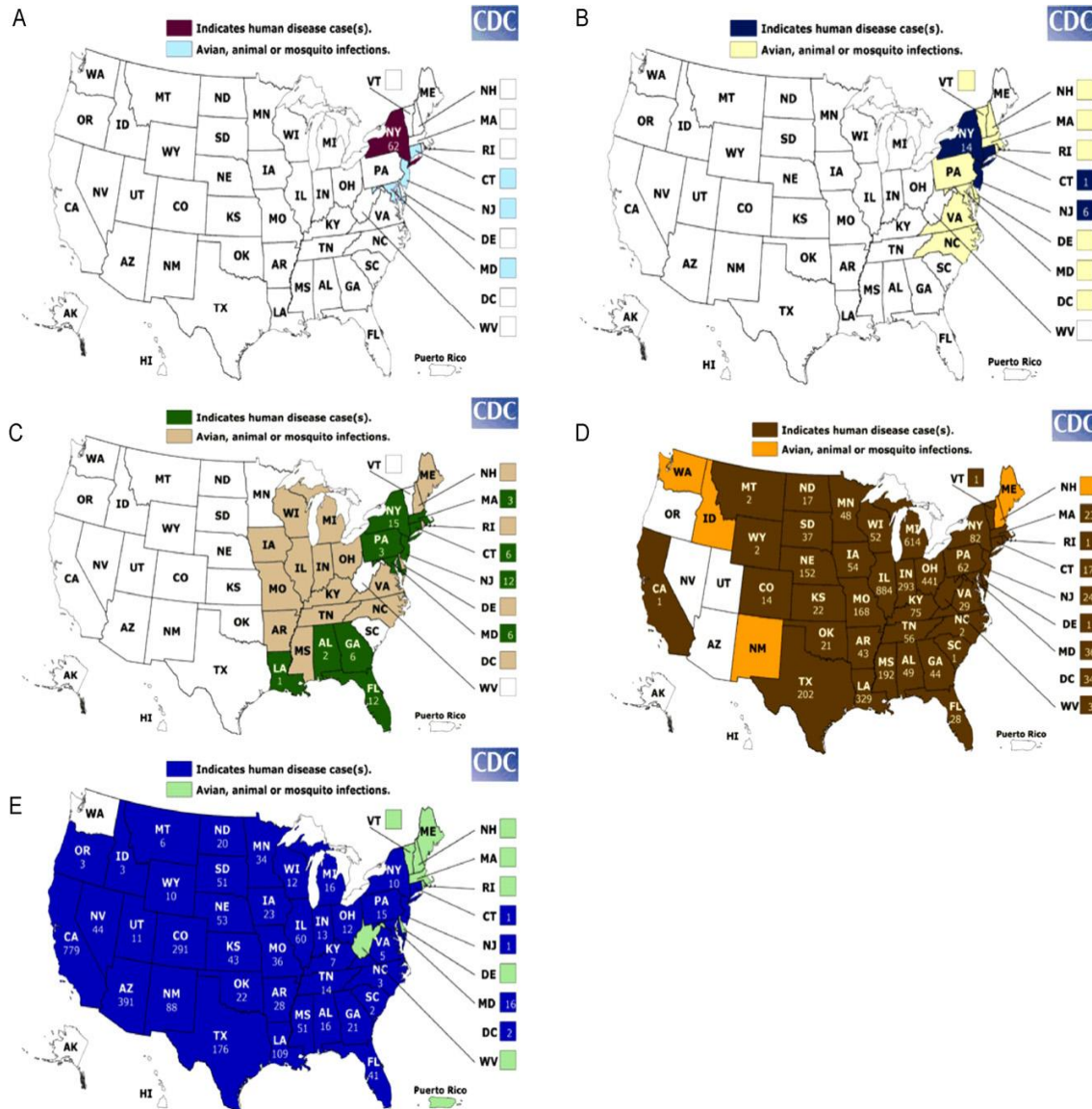


Figura 7.13.: Dispersió del virus del Nil Occidental als EUA durant: (A) 1999; (B) 2000; (C) 2001; (D) 2002; (E) 2003. (<http://www.cdc.gov/ncidod/dvbid/westnile/background.htm>).

La funció de les aus migratòries a l’ecologia dels flavivirus depèn de si el vector migrant troba les condicions favorables en el nou ambient, i si els vectors locals són capaços de transmetre el virus apropiat (Blaskovic i Ernek, 1972). A part de les aus, els viatges internacionals de persones infectades i la importació d’aus, exòtiques o no, són altres possibles fonts del virus.

La conca del Mediterrani i el sud-est de la península Ibèrica acullen aus migratòries provinents de l'Àfrica, per tant són àrees d'alt risc per la transmissió. A Espanya, estudis de seroprevalència entre els anys 1960 i 1980 van mostrar la presència d'anticossos a la sang dels habitants de diverses poblacions, entre elles del delta de l'Ebre, per tant indicava que hi havia hagut una exposició al virus. Estudis de vuitanta líquids cefaloraquidis de pacients amb meningitis i més de 900 lots de mosquits realitzats al 2000 no van donar cap positiu que indiqués la presència d'aquesta malaltia en el moment de l'estudi (López-Vélez i Molina Moreno, 2005).

Concretament, a la zona d'Emilia-Romagna, a la zona del delta del Po, Itàlia, es van donar uns quants casos de febre del Nil Occidental en humans al 2008 (Rossini *et al.*, 2008), que és justament la mateixa àrea on un any abans es va donar un brot de Chikungunya. Encara no s'ha establert una relació, però el delta del Po és una àrea de gran diversitat biològica, degut a la presència d'aigua dolça i salada, amb boscos de fulla caduca, llacunes obertes d'aigües poc profundes i un alt grau d'humitat, fent d'aquesta àrea una zona atractiva pels mosquits, molt abundants a l'estiu. També es troba en una cruïlla de camins de moltes aus migratòries, que connecta Europa, la conca mediterrània i Àfrica. Per tant, l'alta concentració de mosquits i aus migratòries crea les condicions idònies per la transmissió de virus mitjançant vectors (Rezza, 2009).

A conseqüència del brot de 1999 als Estats Units, es va qüestionar la preparació de la infraestructura de salut pública per respondre a les malalties transmeses per vectors i es va reconèixer la facilitat amb la qual els patògens infecciosos emergents podien entrar a noves zones geogràfiques. A més, les institucions de salut pública no sabien com es propagaria el virus i si es mantindria durant l'hivern (Centers for Disease Control and Prevention, 2000a). Per abordar aquest tema, el CDC (Center of Disease Control) dels EUA va establir una normativa per crear un sistema de vigilància activa i programes de prevenció i control. Un objectiu principal de la vigilància del virus del NO va ser detectar l'activitat epizoòtica⁸ de forma prematura en les aus. A partir dels resultats epidemiològics del brot de 1999, es van identificar aus infectades abans que es detectessin casos humans, el que suggereix que les dades de vigilància utilitzant aus són indicadors sensibles a la transmissió epizoòtica i poden predir la malaltia humana (Centers for Disease Control and Prevention, 2000b).

⁸ L'anàleg a epidèmia en humans.

7.5. Febre groga

El nom és per la icterícia que pateixen alguns pacients, amb ulls i pell grocs.

7.5.1. Descripció

La febre groga és causada pel virus *Flavivirus amaril* (Schmaljohn i McClain, 1996). Aquesta malaltia és identificada des de fa 400 anys, i és una febre hemorràgica viral transmesa pel mosquit *Aedes aegypti* infectat (<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs100/en/index.html>). Aquests mosquits es troben generalment a menys de 1300 metres sobre el nivell del mar, però poden habitar a més alçada a les zones tropicals ja que existeix major temperatura. La infecció causa un ampli espectre de simptomatologia. La infecció més lleu consisteix en febres elevades, cefalees, nàusees i vòmits, entre d'altres símptomes. La infecció greu provoca febre i icterícia a tots els casos, acompanyat d'insuficiència hepàtica en el 90 % dels casos i vòmit de sang negra i coagulada (20 % dels casos) que poden portar fins a la mort (<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs100/en/index.html>) .

Hi ha tres tipus de cicle de transmissió: selvàtica, intermèdia i urbana, els tres existents a l'Àfrica. El cicle de transmissió selvàtic es dona a les selves tropicals on els primats infectats són picats pel mosquit i aquest ho transmet als humans. Aquest cicle és el menys comú de tots i només afecta a població que habita o treballa a la selva (<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs100/en/index.html>). El cicle de transmissió intermedi succeeix en les sabanes africanes, i és el més comú a Àfrica, i es dona per la picada de mosquit, que prèviament havia estat en contacte amb simis, a humans. A Amèrica del Sud no es dona el cicle de transmissió intermedi. El cicle de transmissió urbà és el que introdueixen immigrants o turistes a zones urbanes no pròximes a les selves tropicals. El mosquit *Aedes aegypti* és qui transmet el virus de persona a persona.

La febre groga causa epidèmies que poden afectar a un 20 % de la població. Quan les epidèmies succeeixen en poblacions no vacunades, les taxes de mortalitat poden superar el 50 % (<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs100/en/index.html>). No existeix un tractament eficaç, pel que l'aplicació de la vacuna existent és requerida per viatjar a països tropicals.

7.5.2. Distribució a nivell mundial

La febre groga té una àrea de distribució actual al voltant de l'equador tant a Amèrica del Sud com a Àfrica (figura 7.14.).

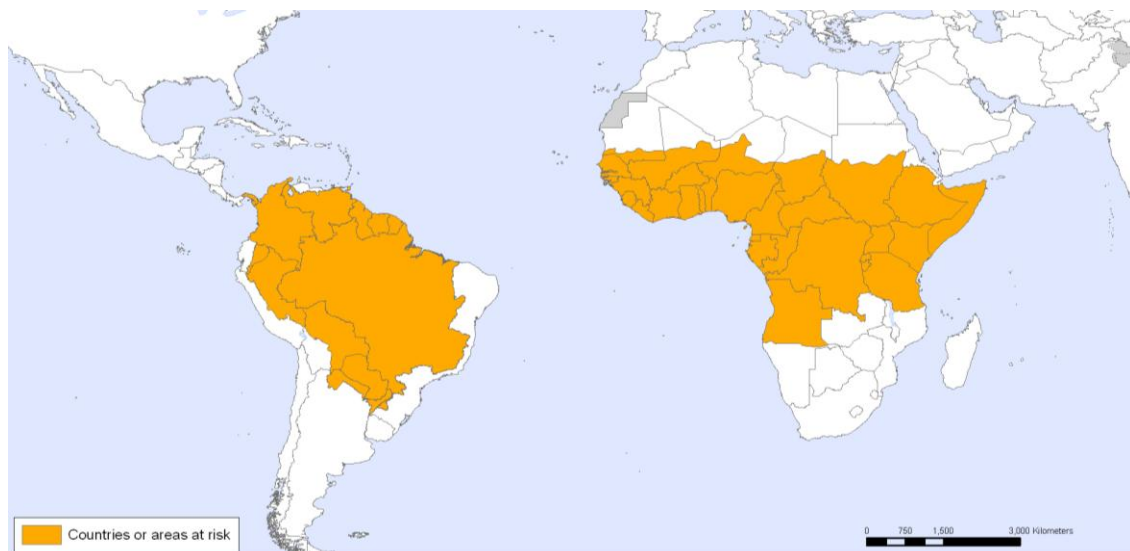


Figura 7.14.: Països i àrees de risc per la febre groga, any 2008.
(http://gamapserver.who.int/mapLibrary/Files/Maps/Global_YFRisk_ITHRiskMap.png)

7.5.3. Emergència i/o reemergència

Aedes aegypti va desaparèixer de les zones continentals que rodegen el Mediterrani molt probablement per l'ús de DDT, dificultant d'aquesta manera la reemergència d'aquesta malaltia mitjançant aquest vector. A diferència de la malària i el dengue, existeix una vacuna eficaç per a la febre groga, malgrat aquest fet, hi ha hagut la reemergència a algunes zones d'Amèrica del Sud, segurament per desídia en les campanyes de vacunació (Jofre, 2008). Per tant, sembla que no preocupa tant l'emergència o reemergència d'aquesta malaltia, com la malària o el dengue.

7.6. Malària

El terme malària prové de l'italià (*mal aria* –mal aire–), i també és coneguda com paludisme, en aquest cas provinent del llatí (*palus* –pantà–).

7.6.1. Descripció

El paludisme és causat per *Plasmodium*, un plasmodi que es transmet a través de la picadura de mosquits infectats, concretament només a través de determinades espècies del gènere *Anopheles* i únicament les femelles (Madigan *et al.*, 2009). El plasmodi passa a la femella del mosquit quan, per obtenir la sang necessària per alimentar els seus ous, el mosquit pica a una persona infectada. Dins el mosquit, el plasmodi es desenvolupa i es reproduïx, i es barrejarà amb la saliva i d'aquesta forma podrà infectar en la pròxima picadura.

Existeixen quatre tipus de plasmodis que provoquen la malària a humans: *Plasmodium vivax*, *P. malariae*, *P. ovale* i *P. falciparum*. El paludisme ocasionat per aquest últim és la forma més mortífera, i abunda sobretot a l'Àfrica subsahariana, on mata gairebé un milió de persones cada any⁹.

Els mosquits, com tot animal poiquiloterm, tenen unes àrees de distribució que solen dependre de la temperatura – amb temperatures mínimes, òptimes i màximes-, i de la disponibilitat d'aigua entollada per multiplicar-se (Jofre, 2008). També *Plasmodium* té una temperatura màxima ($T_{màx}$) i mínima ($T_{mín}$) per poder multiplicar-se en el vector. Així, *P. falciparum*, que es troba a les zones tropicals i causa la varietat més greu de malària, té una $T_{mín}$ de 16-19 °C i una $T_{màx}$ de 39 °C, mentre que *P. vivax*, que és el que havia hagut a Catalunya, les $T_{mín}$ i $T_{màx}$ són 14,5-15 i 39 °C (McCarthy *et al.*, 2001; Jofre, 2008).

Un cop dins del cos humà, el plasmodi es multiplica ràpidament al fetge, infectant posteriorment els eritròcits. La febre, les cefalees i els vòmits són la simptomatologia més característica d'aquesta malaltia, i generalment apareixen entre 10 i 15 dies després de la picada (<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs094/en/index.html>). Sense tractament, el paludisme pot posar en perill la vida del pacient en poc temps, ja que s'altera l'aport de sang a òrgans vitals. Si no es tracta immediatament amb els medicaments adequats, el paludisme pot causar la mort per destrucció dels glòbuls vermells i l'obstrucció dels capil·lars que porten sang al cervell i altres òrgans vitals.

⁹ Dades de l'OMS al 2009.

Al 2006 hi havia 247 milions de casos de malària al món, i 881.000 morts relacionades amb la malaltia (WHO, 2008). Una estimació de l'OMS al 2008 va determinar que hi havia 243 milions de casos al planeta, i actualment la meitat de la població mundial té risc de contraure la malaltia (WHO, 2008). La malària segueix matant a 850.000 persones a l'any¹⁰, de les quals el 89% procedeixen de l'Àfrica. Entre 2004 i 2009 es van registrar 150.000 víctimes menys i els nous casos passaren de 350 a 250 milions. La malària segueix sent la principal causa de mort de nens menors de cinc anys a l'Àfrica subsahariana¹¹. Aquesta malaltia no és difícil de diagnosticar, ja que hi ha proves que amb una gota de sang donen un resultat fiable en menys de quinze minuts.

Una de les intervencions fonamentals per controlar la malària és el tractament ràpid i eficaç amb combinacions de medicaments basats en l'artemisinina. També l'ús de mosquiteres impregnades en insecticida i la fumigació dels espais tancats amb insecticides d'acció residual, per tal de controlar el mosquit vector. Tot i que hi ha tractaments, en molts indrets del planeta, el plasmodi ha creat resistències a aquests antipalúdics. Des del Centre d'Investigació en Salut Internacional de Barcelona (CRESIB) es treballa per aconseguir una vacuna. L'antídot s'ha provat en infants africans (el 91% dels casos es produeixen en aquest continent) i s'ha constatat que pot oferir una protecció de fins el 60%.

Dins dels Objectius del Mil·lenni per al 2015 es troba el de reduir a la meitat el número d'afectats per la malària. Al setembre d'aquest any, els Governos mundials analitzaran si aquest progrés és factible i decidiran quants diners donaran al Fons Global per assolir-ho.

7.6.2. Distribució a nivell mundial

La malària és endèmica a les zones tropicals de tot el planeta, a Amèrica central i del Sud, a Àfrica, a l'Índia, i al sud-est asiàtic (*figura 7.15.*). La malària va ser una malaltia endèmica als països mediterranis des de la prehistòria fins a la segona meitat del segle XX. Actualment, només una petita zona al sud de Turquia es considera zona endèmica. A la resta de països del Mediterrani, els casos que s'hi donen no són

¹⁰ Dades d'Unicef.

¹¹ Segons Metges Sense Fronteres (MSF).

importants, excepte un petit brot en què hi hauria hagut transmissió local a Itàlia, però que no va passar a endèmic (Simini, 1997).

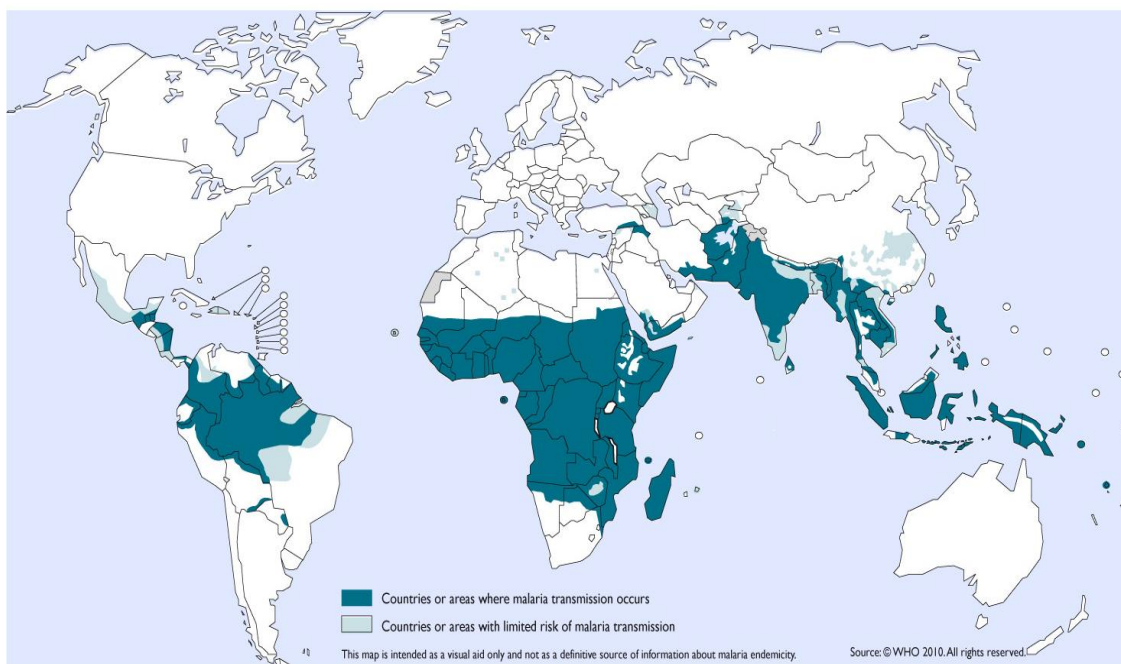


Figura 7.15.: Països i àrees de risc de transmissió de malària, any 2009.
(http://gamapserv.who.int/mapLibrary/Files/Maps/Global_Malaria_ITHRiskMap.JPG).

7.6.3. Emergència i/o reemergència

En els debats sobre si el canvi climàtic afecta la salut humana, la controvèrsia sobre la influència de la temperatura en la malària és un tema clau. La malària ja va ser reconeguda com una malaltia sensible al clima molt abans que l'organisme que la causa o el seu vector (el mosquit) fós identificat. Se la podria considerar com una malaltia reemergent; ja que després que s'abandonessin els esforços del segle passat per eradicar-la, la resistència als medicaments i als insecticides s'està escampant, cosa que incrementa els moviments de poblacions en un clima canviant (IPCC, 2007). La malària ha estat considerada com la malaltia lligada a vectors hematòfags¹² probablement més susceptible d'experimentar un augment de les àrees endèmiques com a conseqüència del canvi climàtic a llarg termini (Michael *et al.*, 2003).

¹² Animals que s'alimenten de sang.

Un augment de la temperatura d'entre 3 i 5°C a finals del segle XXI implicaria que la població exposada a la malària passés del 45% del total mundial al 60% (Llebot, 1997). Anàlisis de dades històriques han mostrat que el risc de malària epidèmica es multiplicava per cinc durant l'any següent a episodis de *el Niño* al subcontinent índic (Bouma i van der Kaay, 1994). També s'han comprovat augments significatius d'incidència de malària els anys posteriors a episodis de *el Niño* a Veneçuela (Bouma i Dye, 1997). Estudis de Bouma (1994) van establir una clara relació entre l'augment de la temperatura mitjana als mesos de novembre i els casos de malària al Pakistan (figura 7.16.).

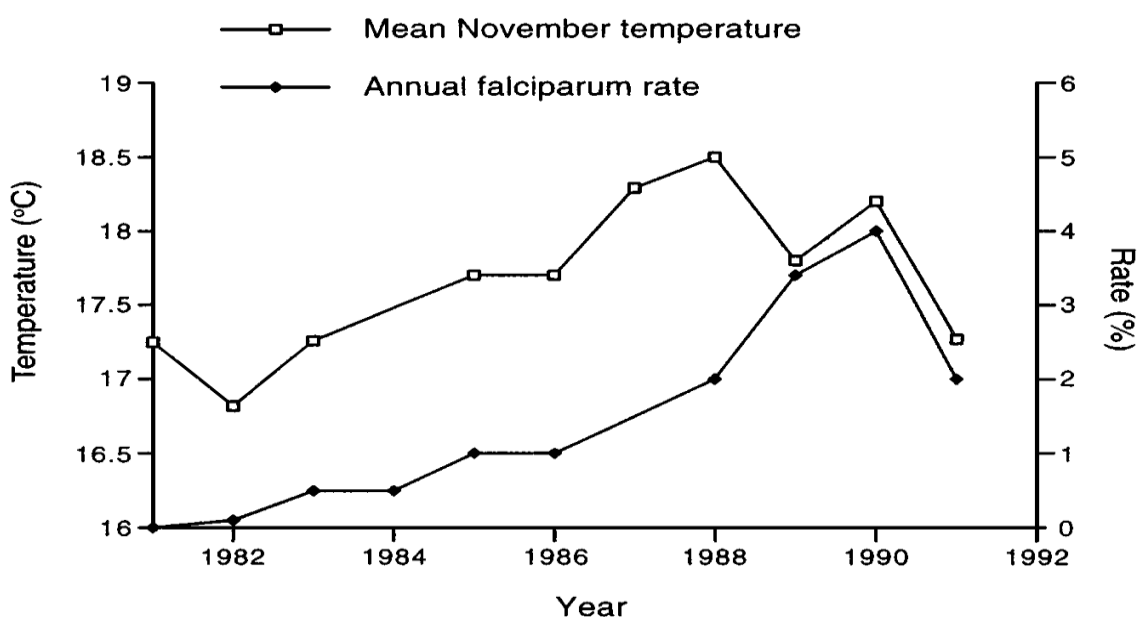


Figura 7.16.: Relació entre variacions de temperatures al novembre i casos de malària al nord-est del Pakistan, entre 1981 i 1991. (Bouma *et al.*, 1994).

Corea del Sud ha realitzat un estudi recent sobre *Plasmodium vivax* (Ree, 2000). La malària va ser un greu problema a la península de Corea durant i després de la Guerra de Corea entre 1950 i 1953. Una combinació de detecció, tractament i control van reduir els casos fins a l'eradicació del paràsit a Corea del Sud al 1988 (Paik *et al.*, 1988). La malaltia, però, va reemergir al 1993, expandint-se ràpidament i exportant casos a Estats Units (Feighner *et al.*, 1998). Estudis posteriors del mosquit van revelar un complex de múltiples espècies, incloent un vector molt potent, *Anopheles anthropophagus* predominant a la Xina, sent aquest el responsable de la reemergència. Aquesta reaparició pot haver estat augmentada per l'increment de les precipitacions severes i l'augment de les temperatures (Foley *et al.*, 2009).

A l'Àfrica sub-sahariana la malària és responsable d'una gran proporció de la mortalitat infantil i juvenil (WHO, 2008). Els investigadors han examinat si la distribució més àmplia de malària en les terres altes s'associa amb el canvi climàtic, i han realitzat prediccions quantitatives dels efectes de diversos escenaris de canvi climàtic sobre la distribució de la malaltia (Ebi *et al.*, 2008). Altres estudis han afirmat que el canvi climàtic induïx a l'augment de les temperatures, i que aquest fet pot tenir diferents efectes sobre la malària: i) augmentar la distribució de malària enfront a l'altitud; ii) intensificar la transmissió a altituds més baixes; iii) exercir una major pressió sobre l'eficàcia dels esforços de control de vectors (Thomson i Connor, 2001).

A les terres altes de l'Àfrica Oriental, on les densitats del vector són baixes, la contribució de temperatures més altes al problema creixent de la malària és un tema molt controvertit, perquè la resistència als medicaments i els afectats de HIV s'ha estès al llarg del mateix període (Craig *et al.*, 2004). El fet que s'hagi subestimat la importància de determinats períodes biològics rellevants (per al vector) durant l'estació calorosa sembla ser una de les causes que no s'hagi identificat la temperatura com un paràmetre important (IPCC, 2007). Tot i així, en les últimes dècades no només s'han incrementat els nombres mitjans de casos sinó també les dimensions epidèmiques.

Uns quants estudis han informat sobre les associacions entre la variabilitat interannual de la temperatura i les transmissions de la malària en les terres altes d'Àfrica (IPCC, 2007). Una anàlisi de les dades de diferents anys de malària a Madagascar, va indicar que la temperatura mínima a l'inici de la temporada de transmissió, corresponent als mesos en que el contacte humà-vector és major, representa la major part de la variabilitat entre anys (Bouma, 2003). Altres estudis han conclòs que no hi ha prou evidències per demostrar que el canvi climàtic ha afectat la incidència de malària a Amèrica del Sud (Benitez *et al.*, 2004), ni als països de l'antiga URSS (Semenov *et al.*, 2002).

Tot i els vincles causals coneguts entre el clima i la dinàmica de transmissió de la malària, encara hi ha molta incertesa sobre l'impacte potencial del canvi climàtic sobre la malària a escala local i mundial, degut a les poques observacions simultànies de clima i malària realitzades, la complexitat de la malaltia i la importància dels factors no climàtics, incloent el desenvolupament socio-econòmic, la immunitat i resistència als medicaments, la determinació de la infecció i els seus resultats (IPCC, 2007). Tenint en

compte les grans àrees habitades a l'Àfrica oriental, les limitacions de les anàlisis realitzades i els riscos significatius per la salut de l'epidèmia de la malària, la investigació futura està justificada.

A dia d'avui existeixen pocs projectes que estudiïn la projecció de la malària relacionats amb el canvi climàtic fora del continent africà (IPCC, 2007). Un estudi a Portugal, ha previst un increment del nombre de dies amb condicions favorables per la transmissió de malària en relació a la temperatura, però el risc actual de transmissió és quasi nul ja que no es té constància de la infecció dels vectors (Casimiro *et al.*, 2006).

Segons l'OMS i el Programa de les Nacions Unides per al Medi Ambient (PNUMA), es calcula que es podrien produir 50 milions de nous casos l'any 2100 (McMichael *et al.*, 1996).

7.7. Tuberculosi

Al 1882, Robert Koch va aïllar i descriure l'agent causal d'aquesta malaltia, que va arribar a ser una de les malalties infeccioses més importants en l'home.

7.7.1. Descripció

La tuberculosi està causada pel bacteri *Mycobacterium tuberculosis*. Les vies d'infecció són els esputs i aerosols humans que es generen al parlar, estossegar, esternudar, etc.; sent els éssers humans el reservori principal del bacteri.

Els bacteris incorporats a l'organisme es dipositen i creixen al pulmó. L'hoste experimenta una resposta immune originant una reacció d'hipersensibilitat i la formació d'agregats de macròfags activats, denominats *tubercles*. Els bacteris són capaços de sobreviure a aquesta resposta immune i viuen en estat de latència. La infecció sol ser asimptomàtica en persones sanes, però en persones immunodeprimides la infecció pulmonar es converteix en aguda –el 5-10% dels casos–, ocasionant una destrucció massiva del teixit pulmonar i la disseminació del bacteri a altres parts del cos (Madigan

et al., 2009). Els símptomes de la tuberculosi pulmonar activa són tos, esput amb sang, dolor toràcic, debilitat, pèrdua de pes, febre i sudoració nocturna.

Més de 2000 milions de persones –un terç de la població mundial– està infectada amb el bacil de la tuberculosi (<http://www.who.int/topics/tuberculosis/en/>), i un 10 % patirà la malaltia en algun moment de la seva vida, sent les persones amb VIH les exposades a un major risc. En l'actualitat la tuberculosi causa 1,6 milions de morts a l'any en tot el planeta, sent un 11 % de totes les morts degudes a malalties infeccioses (Madigan *et al.*, 2009). Aquesta malaltia es tracta amb isoniazida i altres antibiòtics durant sis mesos.

7.7.2. Distribució a nivell mundial

La majoria de casos de tuberculosi es diagnostiquen a l'Àfrica sub-sahariana, al sud-est asiàtic, Índia, Paquistan, Afganistan, als països de l'antiga URSS, i a alguns països d'Amèrica del Sud (*figura 7.17.*).

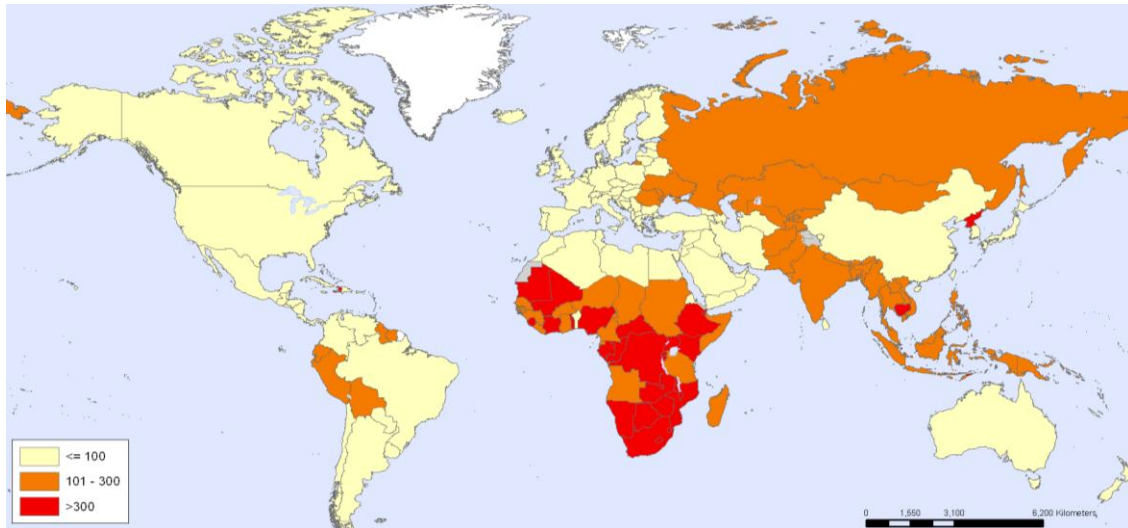


Figura 7.17.: Estimació mundial de nous casos de tuberculosi, any 2007.
(http://gamapserver.who.int/mapLibrary/Files/Maps/Global_EstimatedTB_ITHRiskMap.png).

7.7.3. Emergència i/o reemergència

La tuberculosi, com altres malalties respiratòries, té una marcada estacionalitat, relacionada amb les condicions meteorològiques i la latitud (Thorpe *et al.*, 2004; Yusuf *et al.*, 2007). La tuberculosi és una de les malalties emergents més importants en els països industrialitzats, degut entre altres motius, a l'augment de població immuno-deprimida –per l'edat, l'estrès, o malalties immunodepresores–. Hi ha estudis que afirmen que hi ha hagut relació entre fenòmens com *el Niño* i un augment en la incidència de la tuberculosi (Ebi *et al.*, 2001; Choi *et al.*, 2006), però tot i això, a dia d'avui no hi ha hagut cap investigació ni estudi científic que hagi establert una relació directa entre la tuberculosi i el canvi climàtic (Viboud *et al.*, 2004; Semenza i Menne, 2009).

7.8. Altres malalties infeccioses

Altres malalties infeccioses humanes s'han associat amb el canvi climàtic.

7.8.1. Leishmaniasis

Aquesta malaltia es transmet des dels gossos als humans per dípters del gènere *Phlebotomus*. Els agents patògens són protozous del gènere *Leishmania*. Aquesta malaltia va reemergir a Europa als anys seixanta, un cop finalitzats els programes de control que van eradicar el paludisme (López-Vélez i Molina Moreno, 2005). Els augments de la temperatura podrien escurçar la maduració parasitària dins del vector, incrementant així el risc de transmissió, també podria reduir el període de latència hivernal dels vectors i canviar la seva distribució geogràfica, desplaçant els vectors al nord de la península Ibèrica, actualment lliure de la malaltia (López-Vélez i Molina Moreno, 2005). És altament probable que la distribució de la leishmaniosis en el continent europeu s'ampliï al nord, com a conseqüència de l'escalfament global.

7.8.2. Malalties transmeses per paparres

Hi ha un gran nombre de malalties transmeses per paparres: borreliosis (febre recurrent endèmica, malaltia de Lyme), rickettsiosis (febre botonosa, febres maculades),

babesiosis, anaplasmosis, ehrlichiosis, tularemia, viriasis (malaltia de Congo-Crimea, febre de Kyasanur, etc.) (López-Vélez i Molina Moreno, 2005). La presència de les paparres no s'ha demostrat que depengui directament del clima, però sí de les urbanitzacions i construccions periurbanes i rurals que afavoreixen el seu desenvolupament i colonització (López-Vélez i Molina Moreno, 2005).

La incidència d'encefalitis per paparra a Suècia, com la malaltia de Lyme, s'ha incrementat substancialment des de mitjans de 1980 com a resposta a una successió d'hiverns més càlids (Lindgren, 1998; Lindgren i Gustafson, 2001). L'àrea de distribució de paparres que transmeten borreliosis i altres encefalitis virals s'ha estès cap al nord de Suècia (Lindgren *et al.*, 2000) i també ha augmentat en altura a la República Txeca (Danielova, 1975) degut a les variacions en el clima.

7.8.3. Pesta bubònica

La pesta bubònica és causada pel bacteri *Yersinia pestis* i es transmet per puces o rosegadors (*figura 5.4.*). A l'Àsia central encara es propaga periòdicament la pesta entre els humans, on el bacteri es troba típicament en les poblacions naturals de jerbus¹³. La pesta encara té certa importància en alguns llocs dels EUA, on hi ha molts mamífers infestats de puces (Campbell i Dennis, 1998).

Stenseth (2006) afirma que l'epidèmia segueix un model de tipus llindar. Cita que les anàlisis mostren que la prevalença, donada una abundància d'hostes, es veu afectada per les variacions climàtiques, i s'assumeix que el vincle climàtic en el cas del sistema de la pesta a l'Àsia Central opera mitjançant l'activitat del vector (puces). L'abundància d'hostes és regulada pels mateixos factors climàtics que regulen la prevalença, donada una abundància d'hostes, i porta a un efecte en cascada. També es van analitzar els casos de pesta en els humans. Sembla ser que les condicions climàtiques que afavoreixen la pesta ja existien en aquesta regió quan es va produir la Pesta Negra, i també quan la pandèmia de pesta més recent va esclatar en aquesta regió del continent asiàtic. Es preveu que, com a resultat del canvi climàtic, aquestes condicions persisteixin o esdevinguin encara més favorables. Per tant, el perill

¹³ *Jaculus jaculus*, petit rosegador de zones àrides.

d'epidèmies pot augmentar en els llocs on els humans viuen en contacte estret amb rosegadors i puces, o altres vectors (Stenseth, 2006).

8. A Catalunya

A més, sóc català. Catalunya va tenir el primer Parlament democràtic, molt abans que Anglaterra. I fou al meu país on hi hagué les primeres nacions unides. En aquell temps – segle onzè – van reunir-se a Toluges – avui França – per parlar de la pau, perquè els catalans d'aquell temps ja estaven contra, CONTRA la guerra. Per això les Nacions Unides, que treballen únicament per l'ideal de la pau, estan en el meu cor, perquè tot allò referent a la pau hi va directament.¹⁴

PAU CASALS

Alguns factors climàtics, com la temperatura i la precipitació, afecten la supervivència i la reproducció de virus i bacteris, com també la distribució i supervivència dels vectors de les malalties transmeses per vectors o les zoonòtiques (Gage *et al.*, 2008).

A part, el món actual viu en un moment d'interconnexió creixent, en que tant persones com mercaderies, que poden allotjar agents infecciosos, creuen oceans i continents en qüestió d'hores, donant la possibilitat de l'aparició de noves malalties i la reaparició d'antigues, sent un motiu de preocupació a nivell mundial, també català.

De fet, segons l'Informe sobre el Canvi Climàtic a Catalunya del 2005, els viatges i la immigració constitueixen el principal factor que hi ha al darrere de l'expansió de moltes de les malalties infeccioses emergents, moltes d'elles associades al canvi climàtic. Aquest informe afirma que aquestes malalties i problemes poden esdevenir una amenaça significativa per a la salut dels catalans si el canvi climàtic augmenta la seva incidència fora de les nostres fronteres (Saez i Lertxundi-Manterola, 2005).

¹⁴ Discurs a les Nacions Unides, 1971.

8.1. Antecedents i incidència actual

Alguns dels agents causals de la malària han estat presents al sud d'Europa, i per tant a Catalunya, com *Plasmodium vivax* –agent causal de la malària a Europa–, que era endèmic a moltes àrees fins a la meitat del segle XX, com també la febre groga i el dengue (Jofre, 2008). A Espanya, l'any 1900, la mort per malària representava el 8% de la mortalitat total. Aquest percentatge va anar minvant fins als anys seixanta, en que ja no es van detectar més casos endèmics, i l'OMS va reconèixer Espanya com a zona lliure de paludisme l'any 1964 (Jofre, 2008). El programa més extens i intens de la lluita antipalúdica a Espanya es produí a Catalunya, impulsat per la Mancomunitat des de 1915 fins a 1923 (Bernabeu Mestre, 2000). A Espanya es van detectar 295 casos de malària al 2008, amb sis morts, sent *Plasmodium falciparum* l'espècie més diagnosticada, amb més del 82 % de les identifications, seguida de *Plasmodium vivax* (Red Nacional de Vigilancia Epidemiológica, 2008).

A Catalunya no existeixen primats salvatges, i per tant no es poden donar casos de febre groga. Tot i així, Barcelona i rodalies forma part d'un grup de ciutats portuàries europees, sobretot de la Mediterrània, on el virus de la febre groga i el vector *Aedes aegyptii* van ser introduïts a principis del segle XVIII. Els darrers casos es van donar l'any 1870 en una epidèmia que va afectar Alacant, Barcelona i Mallorca (Moll, 2002), sent l'epidèmia de 1821 de Barcelona la més important, ja que causà entre cinc mil i vint mil morts (Moll, 2002). Actualment aquest mosquit es considera eradicat a Catalunya, però s'està assentant un altre vector de la febre groga, *Aedes albopictus* (Jofre, 2008). Tot i així, a diferència de la malària i el dengue, existeix una vacuna eficaç per a la febre groga.

Al segle XIX van haver nombroses epidèmies de còlera a Espanya, i també a Catalunya, tal com s'ha vist en l'apartat 7.2.3. És possible que el bacteri *Vibrio cholerae* encara estigui present en aigües costaneres catalanes (Saez i Lertxundi-Manterola, 2005). Actualment a la nostra terra no té prevalença significativa, com la majoria de les malalties relacionades amb el clima. De fet, al 2008 no es va detectar cap cas de còlera ni de febre groga (Red Nacional de Vigilancia Epidemiológica, 2008). A Catalunya, les condicions higièniques i el tractament de les aigües potables i residuals impedeixen que

brots esporàdics de còlera esdevinguin epidèmies, a diferència del que passa a Sudamèrica o al sud-est asiàtic.

Però a principis del segle passat, l'absència de sanejament, l'escassetat i la mala qualitat de l'aigua de beguda provocava que les malalties transmeses per l'aigua fossin de les més destacades en la sanitat de Catalunya (Moll, 2002). Fa cent anys, les malalties causades per microorganismes que es transmeten per l'aigua representaven més del 10 % de la mortalitat (Robles *et al.*, 1996), per damunt del 7,5 % actual en els països no industrialitzats (www.who.int). A Catalunya no cal pensar que els problemes de transmissió de malalties infeccioses per aigua hagin de canviar substancialment, sempre que es mantingui l'actual grau d'organització social.

Ocasionalment el dengue i la malària s'introdueixen a Catalunya, però no es produeix transmissió a la població, i per tant no representen una amenaça per als catalans. La immensa majoria de casos de malària i dengue detectats a Catalunya –206 individus amb malària entre 1966 i 1999 (Rotaèche *et al.*, 2001)– corresponen a turistes (en el cas del dengue) o immigrants (en els dos casos) que procedeixen de països on són endèmiques (Rotaèche *et al.*, 2001).

La *Leishmaniosi* és endèmica en moltes parts del sud d'Europa, sent important en l'actualitat, al poder-se convertir en una infecció oportunista dels immunodeprimits (Githeko *et al.*, 2000). Des de l'any 1990 s'han registrat 1616 infeccions, totes elles oportunistes, sobretot a l'estat espanyol, i sud de França (Dedet i Pratlong, 2000). En escalfar-se el clima, originarà estius més càlids i llargs, ocasionant que els vectors es facin més abundants i que s'expandeixin al nord d'Europa (Githeko *et al.*, 2000).

8.2. Què cal esperar

La predicció a Catalunya és molt incerta, ja que els efectes del canvi climàtic al territori català estan sotmesos a moltes incerteses (Jofre, 2008). Segons l'Informe sobre el Canvi Climàtic a Catalunya (2005), elaborat pel Consell Assessor per al Desenvolupament Sostenible de la Generalitat de Catalunya, caldria esperar un augment

de la temperatura de l'aire, un canvi no significatiu de les quantitats totals de precipitació i un clar augment de les sequeres seguides de pluges intenses. Per tant, coincidint amb el que s'ha comentat en els apartats anteriors, caldria esperar un manteniment o disminució de les malalties infeccioses a l'hivern, potser un augment molt limitat de les malalties infeccioses que es transmeten per aigua, i potser un augment de les malalties transmeses per vectors poiquiloterms. No s'espera l'emergència de zoonosis, ja que el territori està molt ocupat i humanitzat, i pràcticament no hi ha contacte amb animals reservoris de malalties infeccioses afectables a humans (Jofre, 2008). Al no haver primats feréstecs a Catalunya, a l'igual que amb la febre groga, el dengue només es podria donar de forma importada.

Com s'ha comentat anteriorment, a Catalunya, les condicions higièniques i el tractament de les aigües potables i residuals impedeixen que brots esporàdics de còlera esdevinguin epidèmies. Així doncs, encara que l'augment de la temperatura de l'aigua i altres factors climàtics poden fer augmentar el nombre de bacteris viables de còlera en l'aigua i en els peixos, el manteniment de les infraestructures de tractament de les aigües potables i residuals impediran l'ocurrència de grans brots de còlera a Catalunya (Saez i Lertxundi-Manterola, 2005).

Pel que fa a malalties que es transmeten per vectors, espècies pertanyents als gèneres de mosquits implicats en la transmissió de malària, febre groga, dengue, Chikungunya i algunes encefalitis víriques s'han trobat o es troben a Catalunya (Jofre, 2008). Diferents espècies dels gèneres de mosquits *Anopheles*, *Aedes* i *Culex* formen part de les poblacions actuals a la península Ibèrica (Eritja *et al.*, 1998). Alguns són autòctons, com *Anopheles atroparvus*, i altres han estat introduïts, com *Aedes aegypti* – fa dos-cents anys i eradicat fa uns cinquanta anys–, o *Aedes albopictus*, recentment introduït i que s'està assentant a algunes zones del litoral Mediterrani, segurament per desídia col·lectiva (Jofre, 2008).

Però la presència d'aquests mosquits no implica una transmissió, ni persistent ni local, inclús havent-hi la introducció de persones infectades no provoca l'aparició d'epidèmies. Això és degut a que tot i que les condicions climàtiques canviessin de tal forma que els mosquits vectors de malalties fossin més abundants o tinguessin una

extensió més àmplia, es requeriria que totes les altres condicions per una transmissió es donessin alhora i de forma augmentada (Saez i Lertxundi-Manterola, 2005).

Per tant, tot i que Catalunya està en una zona geogràfica potencialment susceptible de ser afectada per algunes malalties transmeses per vectors poiquiloterms hematòfags, cal pensar que si en el passat –amb menys mitjans que ara– van ser controlades, es creu que si el canvi climàtic fa més susceptible Catalunya a aquestes malalties, no suposarà un problema controlar-les (Jofre, 2008). Tot i així, degut a la proximitat a Àfrica i el clima temperat de la península Ibèrica, cal prendre mesures per evitar situacions com la de la falta de control d' *Aedes albopictus* o per evitar que casos importats de malària donin lloc a petits brots de malària indígena –com el que es va donar a Itàlia–, la qual cosa seria el primer pas perquè es tornés a convertir en endèmica (Jofre, 2008).

Mentre es mantinguin aquests mecanismes de control i l'actual nivell socioeconòmic, no és probable que el canvi climàtic augmenti de forma significativa el risc de patir aquestes malalties (Saez i Lertxundi-Manterola, 2005). La reducció del nombre de mosquits (controlant el focus de producció primària), la limitació del seu contacte amb persones (per exemple millorant les condicions d'habitatge o fomentant la utilització de repel·lents) i l'absència de persones infectades (els viatgers es vacunen o prenen mesures preventives), contribuiran a reduir el risc de la introducció de les malalties transmeses per vectors (Saez i Lertxundi-Manterola, 2005).

9. Possibles solucions

Quan em van preguntar sobre alguna arma capaç de contrarestar el poder de la bomba atòmica jo vaig suggerir la millor de totes: la pau.

ALBERT EINSTEIN

Hi ha dos escenaris en els quals es pot actuar, en el canvi climàtic i en les malalties infeccioses.

9.1. Canvi climàtic

A la cimera de Rio de Janeiro celebrada l'estiu del 1992 nombrosos països van signar la Convenció sobre el Canvi Climàtic sota els auspicis de les Nacions Unides. A l'article 2 d'aquest acord va quedar formulat explícitament l'esperit del conveni: *"...estabilització de les concentracions dels gasos que contribueixen a l'efecte hivernacle a unes quantitats que permetin evitar les interferències antropogèniques perilloses amb el sistema climàtic. Aquesta situació ha d'assolir-se en una escala temporal suficient que permeti l'adaptació natural dels ecosistemes al canvi climàtic, assegurant-se així que no perilla la producció d'aliments i que el desenvolupament econòmic es dugui a terme d'una forma sostenible."*

Al desembre del 1997, a Kyoto (Japó), es van reunir els mateixos països per establir les bases per assolir l'objectiu de l'article anteriorment mencionat. Un dels principals obstacles per afrontar el problema va ser que els països no es van posar d'acord sobre quines eren les interferències antropogèniques perilloses amb el sistema climàtic. Tot i els desacords, es va donar el primer pas per afrontar el repte: un text legal que obligava als països signants a uns compromisos, més o menys efectius; el protocol de Kyoto, amb 27 articles i 2 annexos, que tenia com a principal objectiu reduir l'emissió de gasos d'efecte hivernacle.

Deu anys després, al desembre de 2007, a Bali (Indonèsia), es va celebrar la 13^a Cimera del Clima, amb objectius fixats a partir del 2012. L'última Cimera, la quinzena, es va celebrar al desembre de 2009 a Copenhague (Dinamarca). Totes aquestes cimeres s'han celebrat amb l'objectiu de reduir les causes del canvi climàtic, amb major o menor èxit.

Per pal·liar el canvi climàtic es poden prendre diferents mesures (Llebot, 1997):

- Reduir les emissions a l'atmosfera i potenciar l'absorció de gasos efecte hivernacle; usant tecnologies ja existents i potenciant de noves.
- Reduccions en el sector energètic; com la implantació de noves tecnologies de conversió de combustibles fòssils que augmentin l'eficàcia i disminueixin les emissions. També l'ús de combustibles amb menors nivells d'emissions o potenciant les fonts d'energies renovables. En algunes situacions s'ha plantejat l'alternativa de l'energia nuclear.
- Reduccions en el sector agrícola; com una bona gestió dels boscos, dels terrenys agrícoles i de la resta del territori ja que contribueixen a reduir les emissions de CO₂, CH₄ i N₂O, i a fer créixer la seva captació. Altrament, evitar la desforestació, regenerar els boscos naturals, establir plantacions d'arbres i altres.
- Reduccions en el sector de les infraestructures; millorant l'eficiència energètica tant en instal·lacions industrials com en l'àmbit privat, i també en vehicles de transport individual i col·lectiu.
- Accions polítiques; com l'eliminació de les barreres per a la difusió i la transferència de tecnologia ambientalment més desenvolupada i la mobilització de recursos econòmics per dur a terme les transformacions que calgui, especialment als països en vies de desenvolupament.

9.2. Malalties infeccioses

La Xarxa Mundial d'Alerta i Resposta davant Brots Epidèmics (les sigles en anglès, GOARN) és un mecanisme de col·laboració tècnica entre institucions i xarxes ja existents –institucions científiques dels estats membres, Creu Roja Internacional, ACNUR, UNICEF, entre d'altres– que uneixen els seus recursos tant humans com tècnics

per identificar, confirmar i respondre ràpidament a brots epidèmics d'importància internacional (<http://www.who.int/csr/outbreaknetwork/en/index.html>). Aquesta Xarxa es va originar a partir de la reunió inicial d'associats celebrada a Ginebra a l'abril del 2000, i ofereix un marc operacional per reunir aquests coneixements especialitzats amb el propòsit de mantenir a la comunitat internacional contínuament en estat d'alerta davant l'amenaça de brots epidèmics.

GOARN contribueix a la seguretat sanitària mundial de les següents maneres (<http://www.who.int/csr/outbreaknetwork/en/index.html>): i) combatent la propagació internacional de brots epidèmics; ii) vetllant per a que arribi el més ràpid possible l'assistència tècnica apropiada als països afectats; iii) contribuint a la preparació per a epidèmies i augmentant la capacitat d'actuació a llarg plaç. L'OMS coordina la resposta internacional davant els brots epidèmics utilitzant els recursos de la Xarxa, gràcies als protocols establerts per aquest organisme.

A part d'aquest tipus d'organismes internacionals, i d'altres de regionals -com l'Organització Panamericana de la Salut- que ofereixen la possibilitat d'actuar ràpida i eficaçment en cas necessari, cal buscar solucions per a les diferents malalties infeccioses afectables pel canvi climàtic, ja que moltes de les malalties emergents i reemergents no estan a la llista oficial de malalties de declaració obligatòria

9.2.1. Possibles solucions per les malalties transmeses per vectors i zoonosis

La mitigació del canvi climàtic inclou activitats per reduir les emissions de gasos d'efecte hivernacle, com una menor dependència dels combustibles fòssils per la generació d'energia i el transport, i els canvis d'ús del sòl, com la reducció de la desforestació i la conversió de terres forestals en terres de cultiu (IPCC, 2007). Però estratègies centrades en fonts alternatives d'energia amb un menor perfil d'emissions de gasos d'efecte hivernacle, tals com l'energia nuclear, poden influir en les ecologies locals mitjançant l'augment de la demanda d'aigua i temperatura.

Aquestes actuacions podrien alterar els cicles vitals d'alguns vectors de malalties i animals que formen part de cicles de transmissió VBZD. La creixent dependència de l'energia hidroelèctrica, que normalment requereix la construcció de preses, també pot

alterar l'ecologia local de VBZD i els cicles de transmissió (Attwood, 1995; Kay *et al.*, 1996).

Les activitats de mitigació es poden centrar en els canvis en l'ús del sòl, en particular en la preservació dels boscos, per evitar que animals portadors de malalties es vegin desplaçats del seu hàbitat i entrin en major contacte amb humans, facilitant així un salt d'hoste dels patògens. Per tant, una preservació dels ecosistemes també pot reduir la incidència d'aquestes malalties infeccioses. Per exemple, una alteració de l'àrea dels aiguamolls, normalment zona de cria de mosquits, potencialment pot canviar la incidència de malalties com la malària, el dengue i altres malalties transmeses per mosquits (Yohannes *et al.*, 2005). L'impacte net d'aquestes estratègies de mitigació en la salut humana és difícil de determinar, i es necessita més investigació per saber els seus efectes.

A Àsia i Amèrica, *Aedes aegyptii* es reproduceix principalment en envasos produïts per l'home, com recipients de fang, bidons metàl·lics, pneumàtics a l'aire lliure, que acumulen l'aigua de la pluja. A Àfrica, el mosquit també es reproduceix àmpliament en hàbitats naturals com els forats d'arbres o fulles. En els últims anys, *Aedes albopictus*, un vector secundari del dengue a l'Àsia, s'ha establert als EUA, a alguns països d'Amèrica del Sud i a algunes zones d'Europa (<http://www.who.int/features/qa/54/es/index.html>). La ràpida propagació geogràfica d'aquest mosquit s'atribueix en gran part al comerç internacional de pneumàtics utilitzats, que són un òptim lloc de cria a l'acumular aigua.

L'eliminació adequada dels residus sòlids i la millora de les pràctiques d'emmagatzematge d'aigua, entre elles la cobertura dels envasos per evitar que els mosquits posin els ous, són mesures que s'han de fomentar. L'aplicació d'insecticides apropiats a estadis larvaris evita la cria de mosquits durant varies setmanes, però s'ha de repetir periòdicament. En algun cas s'han utilitzat petits peixos i crustacis que s'alimenten dels mosquits.

Durant els brots, dins de les mesures urgents de control dels vectors, es pot incloure l'aplicació d'insecticides, tot i que és d'efecte transitori i d'eficàcia variable, per les possibles resistències dels mosquits i perquè els aerosols poden no penetrar als

microhàbitats interiors on hi ha els mosquits –cal que els aerosols tinguin una baixa tensió superficial per penetrar en petits forats–, a part de ser una tècnica cara i costosa (www.who.int). Per assegurar l'elecció apropiada dels productes químics, és necessari un seguiment regular de la sensibilitat dels vectors als insecticides més utilitzats.

Altres activitats que redueixen l'exposició als vectors també són eficients, com l'ús de l'aire condicionat, que ha quedat demostrat ser un factor protector contra la infecció per dengue en els estudis que comparen la incidència d'aquesta malaltia als dos costats de la frontera entre Mèxic i EUA, perquè d'aquesta manera es redueix el contacte amb el mosquit a l'època de més calor, que coincideix amb la de major multiplicació del vector (Brunkard *et al.*, 2007).

Existeixen altres mesures de control per a les malalties infeccioses transmeses per vectors, que es basen en l'aïllament dels malalts per evitar el màxim possible que siguin picats de nou pels mosquits vectors, així com en la desinfectació, el control de mosquits i l'ús de mitjans que evitin les picades: roba protectora, repel·lents, mampares, xarxes, etc., tot i que aquestes últimes no sempre són eficients en el control del mosquit (www.who.int). El millor mètode de control és, si existeix, la vacunació de la població receptiva, tant habitants de zones endèmiques com viatgers d'aquestes.

Donat el potencial augment significatiu en la càrrega de VBZD com a conseqüència del canvi climàtic, és necessària la preparació de la sanitat pública, incloent necessitats d'investigació (IWGCCH, 2009).

9.2.2. Possibles solucions per les malalties transmeses per l'aigua

La producció d'energia alternativa, la retenció de carboni i la reutilització d'aigua són algunes de les opcions de mitigació i adaptació al canvi climàtic que podrien tenir les majors implicacions per la salut humana (IWGCCH, 2009). Com en totes les tecnologies, els costos i beneficis de cada una d'elles marcarà quina serà més àmpliament aplicada.

Els impactes potencials de les estratègies de mitigació per les malalties transmeses per l'aigua dependrà de l'estratègia utilitzada. Per exemple, l'augment de la generació d'energia hidroelèctrica tindrà un impacte significatiu sobre l'ecologia local – on es construeixin les preses–, augmentant o disminuint la incidència de malalties transmeses per l'aigua (Abdel-Wahab *et al.*, 1979).

Altres mètodes de generació d'energia elèctrica, incloses les nuclears, consumeixen grans quantitats d'aigua i tenen un elevat potencial de generar impactes ambientals. Alguns d'aquests impactes són l'escassejament d'aigua o l'abocament d'aigües calentes, variant d'aquesta manera l'ecologia local, i per tant possiblement la distribució i multiplicació de microorganismes. El canvi a energia eòlica i solar, reduiria la demanda d'aigua, i per tant, els impactes sobre ecosistemes, i potencialment reduiria els riscos de malalties transmeses per l'aigua (IWGCCH, 2009). Altres estratègies de mitigació de geoingenyeria, com el segrestament de carboni a través de l'aigua i els seus impactes sobre els patògens de l'aigua, estan actualment poc estudiats (White *et al.*, 2005). Altres estratègies de mitigació és la protecció dels aiguamolls per reduir el dany sobre aquests en el cas de tempestes extremes (Sandifer *et al.*, 2004) i l'expansió dels vectors transmissors de patògens. En condicions de sequera, la reutilització d'aigua o l'ús de fonts d'aigua de menor qualitat augmenta (Corwin *et al.*, 2008), podent augmentar els casos de malalties infeccioses, per tant cal establir estratègies contra aquest fenomen.

Altres esforços d'adaptació poden tenir efectes tant positius com negatius. Per exemple, la resposta a les onades de calor cada cop més freqüents (*veure capítol 5. Canvi climàtic i salut*), és l'adopció generalitzada d'aire condicionat als països industrialitzats, el conseqüent increment de la demanda d'electricitat requereix energia addicional, que a la vegada podria afectar la disponibilitat d'aigua i a l'ecologia de la zona (www.who.int). En algunes parts del món no industrialitzat, els canvis del clima i la disminució de la disponibilitat d'aliments, poden conduir a la desertització creixent, o com a mínim a la necessitat de més superfície de reg (IWGCCH, 2009). Si aquest augment de superfície s'executa a zones on les malalties infeccioses són freqüents i sense atenció als possibles impactes en l'ecosistema, pot originar canvis en la distribució i incidència d'aquestes malalties transmeses per l'aigua (IWGCCH, 2009).

Les alteracions induïdes pel canvi climàtic als ecosistemes marins, litorals i de mar obert, com l'augment de la temperatura, fenòmens meteorològics extrems, inundacions, acidificació de l'oceà i d'altres, en relació a la salut humana, són qüestions que han d'ésser estudiades (Frumkin *et al.*, 2009). Tot i així, malalties com el còlera es poden controlar aplicant mesures apropiades pel tractament de l'aigua (Jofre, 2008).

9.3. Perspectiva personal sobre possibles actuacions

A continuació, després de la lectura i anàlisi de totes les referències i en convergència amb els coneixements adquirits a la llicenciatura de Ciències Ambientals de la Universitat Autònoma de Barcelona, detallo algunes de les possibles mesures que caldria prendre per la mitigació i adaptació de la problemàtica oberta entre el canvi climàtic i les malalties infeccioses.

Per les malalties zoonòtiques i transmeses per vectors, caldria:

- Comprendre els cicles de transmissió dels VBZD, i l'impacte de la gestió ecològica en la transmissió de VBZD, inclòs l'impacte de les pressions selectives degudes al canvi climàtic.
- Desenvolupar mètodes per detectar, quantificar, caracteritzar i monitoritzar el potencial de transmissió de VBZD associats als canvis en els ecosistemes terrestres i marins.
- Desenvolupar i validar models ecològics dels VBZD vinculats a les bases de dades de les malalties transmeses per VBZD, i identificar els patrons relacionats amb el clima.
- Comprendre els efectes secundaris del canvi climàtic, com la desnutrició, els conflictes i desplaçaments de població en contacte amb VBZD, i l'avaluació de l'eficàcia de les estratègies de prevenció.
- Impulsar la investigació sobre l'eficàcia de nous mètodes de prevenció de malalties, incloses les vacunes, repel·lents, mosquiteres, profil·làctics i altres.

- Desenvolupar nous plaguicides destinats a controlar els vectors de malalties, combinant l'especificitat, la persistència, la seguretat al medi ambient – bioacumulació o cap efecte sobre organismes ni objectes–, i la baixa susceptibilitat a la resistència dels vectors.
- Millorar la infraestructura existent de vigilància de la salut pública per incloure la vigilància en la perifèria de les zones endèmiques, per detectar el rang d'expansió i els punts d'entrada dels vectors a zones no endèmiques – aeroports, ports marítims–.
- Augmentar la vigilància de la salut dels animals –tant domèstics com salvatges–, i la detecció precoç de les malalties emergents d'origen animal, amb especial èmfasis als humans amb major contacte amb la fauna salvatge.
- Desenvolupar sistemes d'alerta que integrin la vigilància de la salut pública i animal.
- Impulsar la investigació sobre els riscos i estratègies de prevenció dels VBZD.

Per les malalties transmeses per l'aigua seria útil:

- Comprendre la probabilitat i magnitud potencial de brots de malalties transmeses per l'aigua degut al canvi climàtic, inclosos els augments en la freqüència i intensitat de les precipitacions, els canvis de temperatura, fenòmens meteorològics extrems i marees, entre d'altres.
- Investigar la vulnerabilitat de desbordament dels sistemes d'aigua de clavegueram, o inundacions causades per fenòmens meteorològics extrems.
- Entendre com les toxines i patògens en l'escorrentia de terra i desbordament d'aigua interactuen sinèrgicament amb les espècies marines, especialment les de consum humà, i els riscos potencials per la salut de l'evolució de la qualitat de l'aigua.

- Desenvolupar mitjans d'identificació dels indicadors de malalties transmeses per aigua i la comprensió de com es pot establir un sistema d'alerta precoç.
- Desenvolupar o millorar vacunes, antibiòtics i altres estratègies preventives per reduir o prevenir les conseqüències sanitàries de les malalties transmeses per l'aigua a nivell mundial.
- Millorar la comprensió de les floracions d'algues nocives, incloent la seva iniciació i desenvolupament, així com la naturalesa exacta de les seves toxines associades.
- Realitzar estudis epidemiològics sobre la incidència i severitat de les malalties relacionades amb els oceans i humans, especialment a les poblacions de risc elevat en relació amb el canvi climàtic.
- Millorar els mètodes per detectar, quantificar i pronosticar les amenaces sanitàries relacionades amb els oceans, incloent una major vigilància i control d'agents patògens en les aigües litorals, en organismes marins –sobretot marisc–.
- Millorar la capacitat de detectar i respondre a malalties transmeses per l'aigua.

En general a totes les malalties cal:

- Disposar de laboratoris adequadament equipats, amb personal preparat, per tenir una bona capacitat de diagnosi, i per tant de resposta eficaç.
- Educar a la població sobre les malalties infeccioses més perilloses, com es transmeten i com prevenir i reduir el risc d'exposició.

10. Epíleg

La investigació és una búsqueda de coneixements ordenada, coherent, de reflexió analítica i confrontació contínua de dades empíriques i el pensament abstracte, a fi d'explicar els fenòmens de la naturalesa.

ROJAS SORIANO

Existeixen abundants proves, algunes d'elles citades en apartats anteriors, que manifesten que les activitats humanes estan alterant el clima de la Terra i que el canvi climàtic tindrà repercussions directes i indirectes per a la salut a nivell mundial, encara que tots els canvis associats amb aquest procés no estan ben definits (IPCC, 2007), i que aquests canvis poden augmentar o disminuir la incidència de certes malalties.

Diferents organismes i grups de treball, com l'OMS, l'OMM i el PNUMA, han afirmat que la incidència de les malalties infeccioses, en particular les transmeses per vectors o per l'aigua, augmentarà com a conseqüència de l'escalfament global (McMichael *et al.*, 1996). Tots ells, però, coincideixen en alertar que encara es necessiten dades més fiables i models més complets, validats i integrats, sobre la incidència del canvi climàtic, així com estudis epidemiològics sobre aquestes malalties. Altrament, abans d'atribuir els canvis en les malalties humanes al canvi climàtic, també cal tenir en compte altres canvis com la vigilància, les mesures de control a malalties i vectors, canvis en la població i altres factors com els canvis en l'ús del sòl (Kovats *et al.*, 2001; Rogers i Randolph, 2006) que també poden tenir un efecte.

El canvi climàtic i les malalties infeccioses no tenen fronteres, i els efectes en la salut d'uns països poden afectar a la salut d'altres països, propers o no, en part degut a les grans mobilitzacions que existeixen avui dia. El canvi afectaria de forma diferent segons les zones geogràfiques, sent les zones frontereres al nord i sud dels tròpics i les zones peripolars les més afectades. Per climatologia, situació geogràfica i per la falta de recursos per controlar els efectes, el potencial augment de la incidència de malalties

infeccioses seria més gran a un bon nombre de països no industrialitzats del planeta (Jofre, 2008).

Tot i que el coneixement de les interaccions entre clima i salut es remunta a l'antiga Grècia, la comprensió actual de com funcionen és encara incompleta. És cert que la capacitat actual per pronosticar el clima ha millorat molt, sobretot en les darreres dècades, amb previsions climatològiques més precises i una comprensió de la interacció de la climatologia i les malalties infeccioses cada vegada major. Tanmateix, actualment coexisteixen malalties noves i velles que estan emergint o agreujant-se, tant en els països en vies de desenvolupament com en el primer món i que dificulten l'estudi.

Hi ha una gran diversitat d'exemples de la influència que exerceixen els canvis ambientals en la freqüència de malalties infeccioses, amb més incidència en les regions desfavorides per les seves mancances en sistemes sanitaris i en la gestió del territori. La fam, les sequeres, fenòmens meteorològics extrems i els conflictes regionals, són algunes de les conseqüències probables del canvi climàtic, i constitueixen alguns dels factors que augmenten la incidència i severitat de les malalties infeccioses, així com contribueixen a altres efectes adversos per a la salut, pel que resulta important prendre decisions per abordar el canvi climàtic, tant a nivell local, regional, nacional i mundial (Diaz, 2007). La complexa interacció de tots els factors del binomi canvi climàtic-malalties infeccioses han d'ésser considerats per determinar l'abast i l'enfoc de les investigacions sobre el canvi climàtic i la salut (IWGCCCH, 2009).

Les malalties emergents engloben les reemergents, que són aquelles que havent aparegut en la població humana amb anterioritat, han augmentat la seva incidència o s'han expandit a zones on no es tenia constància en els últims vint anys. Segons aquest criteri, 175 agents infecciosos de 96 gèneres estan classificats com patògens emergents (http://www.who.int/topics/infectious_diseases/en/). El coneixement sobre els patògens reemergents, en relació a la seva aparició, disseminació i ecologia, és necessari per prevenir l'aparició i la posterior disseminació dels nous o antics patògens amb factors de virulència nous (Jofre, 2001).

La transmissió de malalties infeccioses està determinada per molts factors, tant extrínsecs: factors socials, econòmics, climàtics i condicions ecològiques (Weiss i

McMichael, 2004), com per intrínsecs: immunitat humana (Koelle, 2004). Molts agents infecciosos, vectors, espècies reservori no humanes i la taxa de replicació de patògens són sensibles a les condicions climàtiques (Reeves *et al.*, 1994; Pascual i Dobson, 2005). Per exemple, tant la salmonel·la com bacteris del còlera proliferen més ràpidament en temperatures més elevades, la primera als budells d'animals i aliments, i el còlera a l'aigua (McMichael *et al.*, 2006). També, les epidèmies a zones no habituals també podrien resultar del desplaçament de població humana a causa del canvi climàtic (Hales *et al.*, 2000).

El canvi climàtic afectarà a la incidència potencial, la transmissió estacional i a la distribució geogràfica de les diverses malalties transmeses per vectors –malària, dengue, febre groga, encefalitis virals transmeses per paparres, leishmaniosis, entre d'altres (McMichael *et al.*, 2006). En el cas de la malària, tot i que es coneixen els vincles causals entre el clima i la dinàmica de transmissió de la malaltia, encara hi ha molta incertesa sobre l'impacte potencial del canvi climàtic sobre la seva incidència a escala local i mundial, degut a les poques observacions simultànies de clima i malària realitzades, la complexitat de la malaltia i la importància dels factors no climàtics, incloent el desenvolupament socio-econòmic, la immunitat i resistència als medicaments, la determinació de la infecció i els seus resultats (IPCC, 2007). Hi ha pràctiques en ús avui dia, com la intensificació de l'agricultura que poden afavorir el paludisme a través d'una major utilització d'insecticides i les resistències associades als vectors de transmissió (<http://www.who.int/malaria/publications/atoz/9789241563901/en/index.html>). Tenint en compte les grans àrees habitades a l'Àfrica oriental, les limitacions de les anàlisis realitzades i els riscos significatius per la salut de l'epidèmia de la malària, cal aprofundir aquesta recerca.

L'expansió del còlera es pot donar, per precipitacions extremes que provoquin desbordament d'aigua, per l'augment de la seva temperatura, però també per una major concentració humana en entorns urbans sense el sanejament i la higiene mínimes, degut per exemple a sequeres (Sidley, 2008). Al mateix temps, els residus acumulats en l'aigua, incrementen la presència de molts vectors, com el mosquit *Aedes aegypti*, transmissor de malalties com el dengue. En quant als ecosistemes marins, l'ascens de la temperatura i de la contaminació per nutrients en les aigües del litoral augmenta la proliferació sobtada d'algues tòxiques, que dona lloc a marees vermelles.

La importància de la modelització dels efectes del canvi climàtic sobre les malalties transmeses per vectors s'ha centrat en la malària i el dengue. La modelització de la febre del dengue és conceptualment més simple que la malària, ja que el paludisme té dos principals variants del patogen (*P. falciparum* i *P. vivax*) i es basa en varies dotzenes d'espècies de mosquits regionals dominants que la poden transmetre. En canvi la febre del dengue depèn principalment d'un sol mosquit vector, *Aedes aegypti*. Aquests models han estat utilitzats per avaluar si un canvi en els patrons de la temperatura i precipitacions afectaria al potencial de transmissió d'aquestes malalties (McMichael *et al.*, 2006). Tres grups d'investigació han estimat com el canvi climàtic afectarà a la febre del dengue, tenint en compte l'efecte de la temperatura sobre la replicació del virus dins del mosquit (McMichael *et al.*, 2006). La conclusió d'alguns d'aquests estudis és que un augment de les temperatures més càlides augmentaria la probabilitat d'expansió del dengue (Jetten i Focks, 1997). A part dels factors climàtics, existeixen altres factors implicats en el possible augment de la transmissió d'aquestes malalties (van Lieshout *et al.*, 2004): i) presència dels patògens; ii) presència dels vectors; iii) condicions socioeconòmiques; iv) qualitat de la salut pública. Per exemple, la vigilància i tractament en les zones marginals, la gestió de la desforestació i de l'aigua, i el control efectiu dels programes dels vectors compensaria el possible increment de la malaltia a causa del canvi climàtic (Gubler *et al.*, 2001).

Hi ha investigacions que presenten certes necessitats per ajudar a dirigir les activitats d'adaptació i mitigació enfront a brots de malalties. Aquestes necessitats inclouen la integració de la ciència del clima amb la ciència de la salut i també la integració de la salut ambiental, pública i la vigilància dels ecosistemes terrestres i marins (McMichael, 2003). Sistemes integrats de dades, han d'incorporar una amplitud important de paràmetres ambientals, així com els paràmetres sociodemogràfics.

La capacitat per estudiar i comprendre com responen aquestes malalties a la variabilitat climàtica és bàsic per avaluar la possibilitat de la seva reaparició en les diferents zones del planeta en un context de canvi climàtic. Estudiar els efectes a altres països és imprescindible per avaluar el comportament que tindria, per exemple, a Catalunya, ja que l'evidència empírica duta a terme a Catalunya sobre els efectes del clima i de la variabilitat climàtica sobre la salut avui dia és molt escassa.

Totes les estratègies de mitigació hauran d'incloure una millor i major vigilància de dades ambientals i sistemes de salut ja existents. Necessitats regionals i d'àmbit urbà han de veure's reflectides en els serveis de salut pública, a fi de que es proporcioni una resposta eficaç (www.who.int). Un altre principi important és el concepte de co-beneficis, o de sinèrgies entre els esforços de mitigació del canvi climàtic i la millora de la salut. Programes de mitigació del canvi climàtic poden oferir oportunitats per reduir les emissions de gasos d'efecte hivernacle mentre que s'obté un benefici en la salut al mateix temps (Frumkin *et al.*, 2008).

Un altre aspecte important que s'extreu d'aquest projecte és l'increment observat i previst de la incidència per una sèrie de malalties infeccioses transmeses per vectors i per l'aigua a Àfrica, sud-est asiàtic i altres zones en vies de desenvolupament del planeta, que paradoxalment, són les zones que menys contribueixen a l'escalfament global del planeta i tot i així són les més perjudicades. Aquest fet posa de manifest un factor afegit de desigualtat al comparar els desequilibris entre el món desenvolupat i el no industrialitzat. Aquest contrast planteja que és necessari establir un mecanisme de compensació entre uns i altres.

Per tant, el canvi climàtic és un tema transversal i ha d'estar formulat també com un problema de salut pública. És per aquest motiu que els costos de no prendre mesures adequades i oportunes són alts (IWGCCH, 2009).

11. Conclusions

1. El canvi climàtic és una realitat i pot tenir efectes sobre la salut, tant de forma directa com indirecta.
2. Les malalties infeccioses que afecten a flora, fauna i humans es poden veure afectades per canvis en les variables climàtiques, tant en la seva incidència com en la seva distribució.
3. Molts vectors poiquiloterms han augmentat la seva distribució geogràfica i el tamany de les seves poblacions degut a l'augment de la temperatura i a altres millores de les condicions per al seu creixement, propiciant d'aquesta manera la possibilitat d'una major incidència de malalties transmeses per vectors, com la malària i el dengue, entre d'altres.
4. Un major contacte entre animals i humans, degut a canvis en les condicions climàtiques sobre els ecosistemes o per la desforestació que provoquin el desplaçament d'animals a àrees urbanes, pot provocar l'emergència o reemergència de zoonosis.
5. L'augment de la temperatura de l'aigua i els canvis en els patrons de les precipitacions, per excés o manca d'elles, poden provocar l'emergència i/o reemergència de malalties transmeses per l'aigua, com el còlera.
6. Hi ha malalties infeccioses emergents que, tot i l'increment de la seva incidència, no s'ha pogut demostrar, a dia d'avui, que tinguin relació amb el canvi climàtic, com la tuberculosi.
7. Els efectes del canvi climàtic més importants a Catalunya són els directes, com riudes, augment de temperatura i d'altres impactes que causen estrès fisiològic o dany físic sobre les persones. Es poden donar casos importats de malalties infeccioses, però a dia d'avui resulta una quimera parlar d'influència del canvi

climàtic sobre les malalties infeccioses al nostre territori, tot i que a Catalunya hi hagi alguns dels vectors que poden transmetre malalties.

8. Les condicions higièniques, sanitàries, la ràpida detecció, el control de les malalties i dels vectors i el tractament de les aigües potables i residuals, redueixen altament la possibilitat de que brots esporàdics d'infeccions desemboquin en epidèmies.
9. Cal realitzar una millor i major vigilància de dades climàtiques, epidemiològiques i ecològiques i interrelacionar-les per preveure i contenir les malalties infeccioses afectables pel canvi climàtic.
10. Avui dia, hi ha moltes incerteses sobre quin serà l'impacte del canvi climàtic a les malalties infeccioses en una àrea geogràfica concreta i al planeta, ja que hi ha molts interrogants sobre el canvi climàtic i també sobre la complexitat i múltiples factors que condicionen les malalties infeccioses, sobretot les transmeses per vectors. Per tant la predicció, ara per ara, és gairebé inexistent.

Bibliografia

- Abdel-Wahab, M.F.; Strickland, G.T.; El-Sahly, A.; El-Kady, N.; Zakaria, S.; Ahmed, L. (1979). *Changing pattern of schistosomiasis in Egypt 1935-1979*. The Lancet, vol. 2, núm. 8136, p. 242-244.
- Adams, R.M.; Hurd, B.H.; Reilly, J. (1999). *Agriculture and global climate change: a review of impacts to U.S. agriculture resources*. VA: Pew Center on Global Climate Change. Arlington.
- Anderson, P.K. et al. (2004). *Emerging infectious diseases of plants: pathogen pollution, climate change and agrotechnology drivers*. Trends in Ecology and Evolution, vol. 19, núm. 10 p. 535-544.
- Anonymous. (2008). *Chikungunya reaches northern Italy: effect of global warming?* Arch. Dis. Child, vol. 93, p. 312.
- Attwood, S.W. (1995). *A demographic analysis of y-Neotricula aperta populations in Thailand and southern Laos, in relation to the transmission of schistosomiasis*. J. Moll. Stud., vol. 61, p. 29-42.
- Balbus, J.M.; Wilson, M.L. (2000). *Human health and global climate change. A review of potential impacts in the United States*. Report of the Pew Center on Global Climate Change.
- Bates, B. et al. (2008). *Climate change and water*. IPCC. Gènova.
- Batterman, S.; Eisenberg, J.; Hardin, R.; Kruk, M.E.; Lemos, M.C.; Michalak, A.M.; Mukherjee, B.; Renne, E.; Stein, H.; Watkins, C.; Wilson, M.L. (2009). *Sustainable control of water-related infectious diseases: a review and proposal for interdisciplinary health-based systems research*. Environmental Health Perspective, vol. 117, núm. 7, p. 1023-1032.
- Benitez, T.A.; Rodriguez, A.; Sojo, M. (2004). *Descripción de un brote epidémico de malaria de altura en un area originalmente sin malaria del Estado Trujillo, Venezuela*. Bol. Malariol. Salud Amb., vol. XLIV, p. 999.
- Bentham, G.; Langford, I.H. (2000). *Climate change and the incidence of food poisoning in England and Wales*. International Journal of Biometeorology, núm. 39, p. 81-86.
- Bernabeu Mestre, J. (2000). *Epidèmia i control social: a propòsit de les campanyes antipalúdiques a la Catalunya contemporània (1902-1925)*. A: Barlló, J.; Fuente, P. de la; Puig, R. (ed.). V Trobades d'Història de la Ciència i de la Tècnica. Societat Catalana d'Història de la Ciència i de la Tècnica, Barcelona, p. 37-41.

- Bernstein, L.; *et al.* (2009). *Climate change 2007: Synthesis Report*. In: Allali, A.; Bojariu, R.; Diaz, S.; Elgizouli, I; Griggs, D.; Hawkins, D.; Hohmeyer, O.; Jallow, B.P.; Kajfez-Bogataj, L.; Leary, N.; Lee, H.; Wratt, D. (eds). IPCC, p. 1-52.
- Binder, S. *et al.* (1999). *Emerging infectious diseases: public health issues for the 21st century*. Science, vol. 284, p. 1311.
- Blaskovic, D.; Ernek, E. (1972). *Birds as hosts of arboviruses in connection of migratory birds and their role in the distribution of arboviruses*. Novosibirsk. Nauka.
- Boone, S.A.; Gerba, C. P. (2007). *Significance of Fomites in the Spread of Respiratory and Enteric Viral Disease*. Applied and Environmental Microbiology, vol. 73, p. 1687-1696.
- Bouma, M.J.; Dye, C. (1997). *Cicles of malaria associated with El Niño in Venezuela*. Journal of the American Medical Association, vol. 278, p. 1772-1774.
- Bouma, M.J.; Kaay, H.J. van der. (1994). *Epidemic malaria in India and the El Niño Southern Oscillation*. The Lancet, vol. 344, p. 1638-1639.
- Bouma, M.J.; Sondorp, H.E.; Kaay, H.J. van der. (1994). *Climate change and periodic epidemic malaria*. The Lancet, vol. 343, p. 1440.
- Bouma, M.J. (2003). *Methodological problems and amendments to demonstrate effects of temperature on the epidemiology of malaria: a new perspective on the highland epidemics in Madagascar, 1972-1989*. T. Roy. Soc. Trop. Med. H., vol. 97, p. 133-139.
- Brent, G. (1991). *The Age of the Earth*. Stanford University Press. Stanford.
- Bruce, J.; Grey, M.; Owen, L. (2000). *Waterborne outbreak of gastroenteritis associated with a contaminated municipal water supply, Walkerton, Ontario; May-June 2000*. Canada Communicable Disease Report, vol. 26, p. 170-173.
- Brunkard, J.M.; Robles López, J.L.; Ramirez, J.; Cifuentes, E.; Rothenberg, S.J; Hunsperger, E.A.; Moore, C.G.; Brussolo, R.M.; Villarreal, N.A.; Haddad, B.M. (2007). *Dengue fever seroprevalence and risk factors, Texas-Mexico border, 2004*. Emerg. Infect. Dis., vol. 13, núm. 10, p. 1477-1483.
- Campbell, G.L.; Dennis, D.T. (1998). *Plague and other Yersinia infections*. Harrison's principles of internal medicine. McGraw-Hill. Nova York.
- Cann, A.J. (2005). *Principles of molecular virology*. Academic Press. Londres.
- Carroll, J.F. (2007). *A note on the occurrence of the lones star tick, Amblyomma americanum (Acari: Ixodidae) in the greater Baltimore-Washington area*. Proceedings of the Entomological Society of Washington, vol. 109, núm. 1, p. 253-256.

- Casimiro, E.; Calheiros, J.; Santos, D.; Kovats, S. (2006). *National assessment of human health impacts of climate change in Portugal: approach and key findings*. Environ. Health. Persp., vol. 114, p. 1950-1956.
- Cazelles, B.; Chavez, M.; McMichael, A.J.; Hales, S. (2005). *Nonstationary influence of El Niño on the synchronous dengue epidemics in Thailand*. PLoS Med., vol. 2, p. 106.
- Centers for Disease Control and Prevention. (2000a). *West Nile Virus Activity – Eastern United States, 2000*. Morbidity Mortality Weekly Report, vol. 49, p. 1022-1047.
- Centers for Disease Control and Prevention. (2000b). *Guidelines for Surveillance, Prevention, and Control of West Nile Virus Infection*. Morbidity Mortality Weekly Report, vol. 49, p. 25-28.
- Chekley, W.; Epstein, L.D.; Gilman, R.H.; Figueroa, D.; Cama, R.I.; Patz, J.A.; Black, R.E. (2005). *Effects of El Niño and ambient temperature on hospital admissions for diarrhoeal diseases in Peruvian children*. The Lancet, vol. 355, p. 442-450.
- Choi, K.M.; Christakos, G.; Wilson, M.L. (2006). *El Niño effects on influenza mortality risks in the state of California*. Public Health, vol. 120, p. 505-516.
- Cleaveland, S. et al. (2001). *Diseases of humans and their domestic mammals: pathogen characteristics, host range and the risk of emergence*. Philos. Trans. R. Soc. Lond. Ser. B356, p. 991-999.
- Cohn, B.A. et al. (2003). *DDT and DDE exposure in mothers and time to pregnancy in daughters*. The Lancet, vol. 361, p. 2205-2206.
- Collier, L.; Oxford, J. (2006). *Human virology*. Oxford University Press. Oxford.
- Colwell, R.R. (1996). *Global Climate and Infectious Disease: the Cholera Paradigm*. Science, vol. 274, p. 2025-2031.
- Consell Assessor per al Desenvolupament Sostenible de la Generalitat de Catalunya. (2005). *Informe sobre el canvi climàtic a Catalunya. Resum executiu*. Ed. a cura de J.E. Llebot, A. Queralt i J.Rodó. Barcelona.
- Constantin de Magny, G.; Cazelles, B.; Guegan, J.F. (2006). *Cholera Threat to Human in Ghana is Influenced by Both Global and Regional Climatic Variability*. EcoHealth doi: 10.1007/s10393-006-0061-5.
- Corwin, A.L.; Larasati, R.P.; Bangs, M.J.; Wuryadi, S.; Arjoso, S.; Sukri, N.; Listyaningsih, E.; Hartati, S.; Namursa, R.; Anwar, Z.; Chandra, S.; Loho, B.; Ahmad, H.; Campbell, J.R.; Porter, K.R. (2001). *Epidemic dengue transmission in southern Sumatra, Indonesia*. T.Roy.Soc.Trop.Med.H., vol. 95, p. 257-265.
- Corwin, A.L.; et al. (2008). *Uses of water*. J. Environ. Qual., vol. 37, suppl. 5, p. 1-7.

- Costello, A. (2009). *Managing the health effects of climate change*. The Lancet, vol. 373, p. 1693-1733.
- Craig, M.H.; Kleinschmidt, I.; Nawn, J.B.; Le Suer, D.; Sharp, B. (2004). *Exploring 30 years of malaria case data in Kwa-Zulu-Natal, South Africa. Part I. The impact of climatic factors*. Trop. Med. Int. Health, vol. 9, p. 1247.
- Craun, G.F.; Calderon, R.L. (2006). *Observational epidemiologic studies of endemic waterborne risks: cohort, case-control, time-series, and ecologic studies*. Journal of Water Health, vol. 4, suppl. 2, p. 101-119.
- Crowley, T.; North, G.R. (1988). *Abrupt Climate Change and Extinction Events in Earth History*. Science, vol. 240, p. 996-1002.
- Cummings, D.A. (2004). *Travelling waves in the occurrence of dengue haemorrhagic fever in Thailand*. Nature, vol. 427, p. 344.
- Curriero, F.C.; Patz, J.A.; Rose, J.B.; Lele, S. (2001). *The association between extreme precipitation and waterborne disease outbreaks in the United States, 1948-1994*. Am J Public Health, vol. 91, núm. 8, p. 1194-1199.
- D'Amato, G. et al. (2008). *Effects of climate change on environmental factors in respiratory allergic diseases*. Clinical and experimental allergy, vol. 38, núm. 8, p. 1264-1274.
- Danielova, V. (1975). *Overwintering of mosquito-borne viruses*. Med. Biol., vol. 53, p. 282-287.
- Daszak, P. et al. (2000). *Emerging infectious diseases of wildlife – threats to biodiversity and human health*. Science, vol. 287, p. 443-449.
- Dedet, J.; Pratlong, F. (2000). *Leishmania, Trypanosoma and moxonius trypanosomatids as emerging opportunistic agents*. Journal of Eukaryotic Microbiology, núm. 47, p. 37-39.
- Delatte, H.; Paupy, C.; Dehecq, J.S. et al. (2008). *Aedes albopictus vector of Chikungunya and dengue in Reunion Island: biology and control*. Parasite, vol. 15, p. 3-13.
- Depradine, C.A.; Lovell, E.H. (2004). *Climatological variables and the incidence of dengue fever in Barbados*. Int. J. Environ. Heal. R., vol. 14, p. 429-441.
- Diaz, J.H. (2007). *The influence of global warming on natural disasters and their public health outcomes*. Am J. Disaster Med, vol. 2, núm. 1, p. 33-42.
- Dowell, S.F. (2001). *Seasonal variation in host susceptibility and cycles of certain infectious diseases*. Emerging Infectious Diseases, vol. 7, p. 369-374.
- Dunglison, R. (1835). *Elements of hygiene*. Carey, Lea & Blanchard. Philadelphia.

- Dwight, R.H.; Baker, D.B.; Semenza, J.C.; Olson, B.H. (2004). *Health effects associated with recreational coastal water use: urban versus rural California*. Am. J. Public Health, vol. 94, núm. 4, p. 565-567.
- Ebi, K.L.; Exuzides, K.A.; Lau, E.; Kelsh, M.; Barnstorn, A. (2001). *Association of normal weather periods and El Niño events with hospitalization for viral pneumonia in females: California, 1983-1998*. Am. J. Public Health, vol. 91, p. 1200-1998.
- Ebi, K.L. et al. (2008). *Effects of global change on human health. Analyses of the effects of global change on human health and welfare and human systems*. U.S. Climate Change Science Program and the Subcommittee on Global Change Research. Washington, D.C.
- Effler, P.V.; Pang, L.; Kitsutani, P. et al. (2005). *Dengue fever, Hawaii, 2001-2002*. Emerg. Infect. Dis., vol. 11, p. 742-749.
- Enriquez, C.E.; Hurst, C.J.; Gerba, C.P. (2000). *Survival of the enteric adenoviruses 40 and 41 in tap, sea and waste water*. Water Research, vol. 29, p. 2548-2553.
- Epstein, P.R. (2001). *West Nile virus and the climate*. J. Urban Health: Bull. NY Acad. Med., vol.78, p. 367-371.
- Eritja, R.; Aranda, C.; Padrós, J.; Goula, M. (1998). *Revised checklist of the Spanish mosquitoes*. Acta Virologica Portuguesa, vol. 5, p. 25-31.
- Faust, E.C. (1949). *Malariology: a comprehensive survey of all aspects of this group of diseases from a global standpoint*. Boyd MF. Philadelphia.
- Feighner, B.H.; Pak, S.I.; Novakoski, W.L.; Kelsey, L.L.; Strickman, D. (1998). *Reemergence of Plasmodium vivax malaria in the republic of Korea*. Emerg. Infect. Dis., vol. 4, núm. 2, p. 295-297.
- Foley, D.H.; Klein, T.A.; Kim, H.C.; Sames, W.J.; Wilkerson, R.C.; Rueda, L.M. (2009). *Geographic distribution and ecology of potential malaria vectors in the Republic of Korea*. J. Med. Entomol., vol. 46, núm. 3, p. 680-692.
- Ford, T.E.; Colwell, R.R.; Rose, J.B.; Morse, S.S.; Rogers, D.J.; Yates, T.L. (2009). *Using satellite images of environmental changes to predict infectious disease outbreaks*. Emerging Infectious Diseases, vol, 15, núm. 9, p. 1341-1346.
- Forest, C.; Stone, P.; Sokolov, A.; Allen, M.; Webster, M. (2002). *Quantifying uncertainties in climate system properties with the use of recent climates observations*. Science, vol. 295, p. 113-117.

- Freedman, D.O.; Weld, L.H.; Kozarsky, P.E.; *et al.* (2006). *Spectrum of disease and relation to place of exposure among ill returned travelers*. N. Engl. J. Med., vol 354, p. 119-130.
- Fritze, J.G.; Blashki, G.A.; Burke, S.; Wiseman, J. (2008). *Hope, despair and transformation: Climate change and the promotion of mental health and wellbeing*. International Journal of Mental Health Systems, vol. 2, núm. 1, p. 13.
- Frumkin, H.; McMichael, A.J.; Hess, J.J. (2008). *Climate change and the health of the public*. American Journal of Preventive Medicine, vol. 35, p. 401-402.
- Frumkin, H.; Hess, J.; Lubet, G.; Malilay, J.; McGeehin, M. (2009). *Climate change: the public health response*. Am. J. Public Health, vol. 98, núm. 3, p. 435-445.
- Gage, K.L.; Burkot, T.R.; Eisen, R.J.; Hayes, E.B. (2008). *Climate and vectorborne diseases*. American Journal of Preventive Medicine, vol 35, p. 436-450.
- Gagnon, A.S.; Bush, A.B.G.; Smoyer-Tomic, K.E. (2001). *Dengue epidemics and the El Niño Southern Oscillation*. Climate Res., vol. 19, p. 35-43.
- Gibbons, R.V.; Vaughn, D.W. (2002). *Dengue: an escalating problem*. BMJ, vol. 324, p. 1563-1566.
- Giorgi, F. (2006). *El canvi climàtic regional: models i incerteses en l'estudi de l'impacte del clima en la salut*. Resum de les Jornades: Clima, població i malalties noves i reemergents.
- Githeko, A.K.; Lindsay, S.W.; Confalonieri, U.E.; Patz, J.A. (2000). *Climate change and vector-borne diseases: a regional analysis*. Bulletin of the World Health Organization, vol. 78, p. 1136-1147.
- Greer, A.; *et al.* (2008). *Climate change and infectious diseases in North America: the road ahead*. CMAJ, vol. 178, núm. 6, p. 715-722.
- Griffin, D.W. (2007). *Atmospheric movement of microorganisms in clouds of desert dust and implications for human health*. Clinical Microbiology Reviews, vol. 20, p. 459-477.
- Guang, W.; Qing, W.; Ono, M. (2005). *Investigation on Aedes aegypti and Aedes albopictus in the north-western part of Hainan Province*. China Trop. Med., vol. 5, p. 230-233.
- Guardia, M.; Fernández-Dorado, F.; Nadal, P.; Drapkin, C. (1996). *Cólera en España. Una realidad doméstica*. Medicina clínica, vol. 106, núm. 2, p. 76-77.
- Gubler, D. (2000). *Surveillance for West Nile Virus in the Americas*. Third Meeting of the surveillance networks for emerging infectious diseases in the Amazon and Southern Cone Regions.

- Gubler, D.; Reiter, P.; Ebi, K.; Yap, W.; Nasci, R.; Patz, J. (2001). *Climate variability and change in the United States: potential impacts on vector- and rodent- borne diseases*. Environmental Health Perspective, vol. 109, p. 223-233.
- Hales, S.; Wienset, P.; Souares, Y.; Woodward, A. (1999). *El Niño and the dynamics of vectorborne disease transmission*. Environ. Health Persp., vol. 107, p. 99-102.
- Hales, S.; Kovats, S.; Woodward, A. (2000). *What el Niño can tell us about human health and global climate change*. Global Change Human Health, vol. 1, p. 66-77.
- Hales, S.; Wret, N. de; Maindonald, J.; Woodward, A. (2002). *Potential effect of population and climate changes on global distribution of dengue fever: an empirical model*. The Lancet, vol. 360., p. 830-834.
- Hanley, B.P.; Borup, B. (2010). *Aerosol influenza transmission risk contours: a study of humid tropics versus winter temperate zone*. Virol J., vol. 7, núm. 1, p. 98.
- Hansen, J.; Sato, M.; Kharecha, P. (2007). *Climate change and trace gases*. Philosophical Transactions of the Royal Society, vol. 365, p. 1925-1954.
- Harlan, J.R. (1995). *The living Fields*. Cambridge University Press.
- Harvell, C.D. *et al.* (2002). *Climate warming and disease risks for terrestrial and marine biota*. Science, vol. 296, p. 2158-2162.
- Hector, R.F.; Laniado-Laborin, R. (2005). *Coccidioidomycosis – a fungal disease of the Americas*. Plos Medicine, vol. 2, p. 15-18.
- Hoop, M.J.; Foley, J.A. (2003). *Worldwide fluctuations in dengue fever cases related to climate variability*. Climate Res., vol 25, p. 85-94.
- Hrudey, S.E.; Payment, P.; Huck, P.M.; Gillham, R.W.; Hrudey, E.J. (2003). *A fatal waterborne disease epidemic in Walkerton Ontario: comparison with other waterborne outbreaks in the developed world*. Water Science Technology, vol. 47, núm. 3, p. 7-14.
- Hubálek, Z. (2004). *An annotated checklist of pathogenic microorganisms associated with migratory birds*. Journal of Wildlife Diseases, vol. 40, p. 639-659.
- Hudson, P.J., Lafferty, K.D., Dobson, A.P. (2006). *Parasites and ecological systems: Is a healthy ecosystem and infected one?* TREE. vol. 21, p.381-385.
- Hughes, L. (2001). *Biological consequences of global warming: is the signal already apparent?* Trends in Ecology and Evolution, vol. 15, p. 56-61.
- Institute of Medicine U.S. (2009). *Committee on achieving sustainable global capacity for surveillance and response to emerging diseases of zoonotic origin*. National Academies Press. Washington, DC.

- IPCC. (2001). *Climate change 2001: Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, J.J. McCarthy, O.F. Canziani, N.A. Leary, D.J. Dokken, K.S. White, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 1032pp.
- IPCC. (2007). *Climate change 2007: Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 976pp.
- IWGCCH. (2009). *A Human Health Perspective on Climate Change. A Report Outlining the Research Needs on the Human Health Effects of Climate Change*. Environmental Health Perspectives and the National Institute of Environmental Health Sciences. U.S. Department of Health and Human Services.
- Jetten, T.; Focks, D. (1997). *Potential changes in the distribution of dengue transmission under climate warming*. Am. J. Trop. Med. Hyg., vol. 57, p. 285-297.
- Jofre, J. (2001). *Challenges of health-related water microbiology in the beginning of the 21st century. Proceedings of "Utilization of complex microbial community for water environment management in the 21st century"*. Ed. The University of Tokyo. Tokyo.
- Jofre, J. (2008). *Canvi climàtic i malalties infeccioses*. Institut d'Estudis Catalans, secció de Ciències Biològiques. Barcelona.
- Jones, K.E.; Patel, N.G.; Levy, M.A.; Storeygard, A.; Balk, D.; Gittleman, J.L.; Daszak, P. (2008). *Global trends in emerging infectious diseases*. Nature, vol 451, núm. 7181, p. 990-993.
- Kay, D.; Fleisher, J.M.; Salmon, R.L.; Jones, F.; Wyer, M.D.; Godfree, A.F.; Zele-Nauch-Jacquote, Z.; Shore, R. (1994). *Predicting likelihood of gastroenteritis from sea bathing: results from randomised exposure*. The Lancet, vol. 344, p. 905-909.
- Kay, B.H.; Hearnden, M.N.; Oliveira, N.M; Sellner, I.N.; Hall, R.A. (1996). *Alphavirus infection in mosquitoes at the Ross River reservoir, north Queensland, 1990-1993*. J. Am. Mosq. Control Assoc., vol. 12, p. 421-428.
- King, L.J.; Marano, N.; Hughes, J.M. (2004). *New partnerships between animal health services and public health agencies*. Rev. Sci. Tech. vol. 23, núm. 2, p. 717-725.
- Kistermann, T.; Classen, T.; Koch, C.; Dangendorf, F.; Fischeder, R.; Gebel, J.; Vacata, V.; Exner, M. (2002). *Microbial load of drinking water reservoir tributaries during extreme rainfall and runoff*. Applied Environmental Microbiology, vol. 68, p. 2188-2197.

- Koelle, K. (2004). *Disentangling extinsic from intrinsic factors in disease dynamics: a nonlinear time series approach with an application to cholera*. Am. Nat., vol. 163, p. 901-913.
- Koelle, K.; Rodó, X.; Pascual, M.; Yunus, M.; Mostafa, G. (2005). *Refractory periods and climate forcing in cholera dynamics*. Nature, vol. 436, p. 696-700.
- Kovats, R.S.; Campbell-Lendrum, D.; McMichael, A.; Woodward, A.; Cox, J. (2001). *Early effects of climate change: do they include changes in vector-borne disease?* Philos. T. Roy. Soc. Lond. B., vol. 356, p. 1057-1068.
- Kramer, A.; Schwebke, I.; Kampf, G. (2006). *How long do nosocomial pathogens persist on inanimate surfaces? A systematic review*. BMC Infectious Diseases, vol. 6, p. 130-138.
- Langford, I.; Bentham, G. (1995). *The potential effect of climatic change on winter mortality in England and Wales*. International Journal of Biometeorology, vol. 38, p. 141-147.
- Lederberg, J. et al., eds (1992). *Emerging infections: Microbial Threats to Health in the United States*. Institute of Medicine. National Academy Press.
- Lindgren, E. (1998). *Climate change, tick-borne encephalitis and vaccination needs in Sweden-a prediction model*. Ecol. Modell., vol. 110, p. 55-63.
- Lindgren, E.; Gustafson, R. (2001). *Tick-borne encephalitis in Sweden and climate change*. The Lancet, vol. 358, p. 16-18.
- Lindgren, E.; Tälleklint, L.; Polfeld, T. (2000). *Impact of climate change on the northern latitude limit and population density of the disease-transmitting European tick *Ixodes ricinus**. Environmental Health Perspectives, vol. 108, p. 119-123.
- Llebot, J.E. (1997). *El canvi climàtic*. Departament de Medi Ambient, Generalitat de Catalunya. Barcelona.
- López, M. (1981). *L'epidèmia de còlera dels anys 1884 al 1886 i la seva incidència a la ciutat d'Amposta*. Publicacions de la Conselleria de Cultura de l'Ajuntament d'Amposta. Amposta.
- López-Vélez, R.; Molina Moreno, R. (2005). *Cambio climático en España y riesgo de enfermedades infecciosas y parasitarias transmitidas por artrópodos y roedores*. Rev. Esp. Salud Pub., vol. 79, p. 177-190.
- Macdonald, R.W.; Mackay, D.; Li, Y.F.; Hickie, B. (2003). *How will global climate change affect risks from long-range transport of persistent organic pollutants?* Human and Ecological Risk Assessment, vol. 9, p. 643-660.

- Madigan, M.T.; Martinko, J.M.; Dunlap, P.V.; Clark, D.P. (2009). *Brock. Biología de los microorganismos*. Pearson Education, Inc. Madrid.
- Maestre, A. (1985). *El cólera en Santander: la epidemia del año 1834*. Universidad de Salamanca. Santander.
- McCarthy, J.; Canziani, O.; Leary, N.; Dokken, D.; White, K. (2001). *Climate change 2001: impacts, adaptation and vulnerability*. Cambridge University Press. Nova York.
- McMichael, A.J. (2003). *Global climate change: will it affect vector-borne infectious diseases?* Intern Met. J., vol. 33, núm. 12, p. 554-555.
- McMichael, A.J.; Woodruff, R.E.; Hales, S. (2006). *Climate change and human health: present and future risks*. The Lancet, vol. 367, p. 859-869.
- McNeill, W.H. (1976). *Plagues and peoples*. Doubleday. Nova York.
- Medema, G. J.; Bahar, M.; Schets, F.M. (1997). *Survival of Cryptosporidium parvum, Escherichia coli, faecal enterococci and Clostridium perfringens in river water: influence of temperature and autochthonous microorganisms*. Water Science and Technology, vol. 35, p. 249-252.
- Meinhardt, P.I. (2006). *Water health*. Journal of Water Health, vol. 4, suppl. 1, p. 27-34.
- Méndez, J.; Audicana, A.; Cancer, M.; Isern, A.; Llana, J.; Moreno, B.; Navarro, M.; Tarancón, M.L.; Valero, F.; Ribas, F.; Jofre, J.; Lucena, F. (2004). *Assessment of drinking water quality using indicator bacteria and bacteriophages*. Journal of Water and Health, vol. 2, p. 201-214.
- Michael, A.J.; Campbell-Lendrum, D.H.; Corvalán, C.F.; Ebi, K.L.; Githeko, A.K.; Scheraga, J.D.; Woodward, A. (2003). *Climate change and human health. Risk and responses*. World Health Organization. Ginebra.
- Mohammed, H.; Linnen, J.M.; Muñoz-Jordan, J.L.; et al. (2009). *Dengue virus in blood donations*. Transfusion 2008, vol. 48, p. 1348-1354.
- Mohr, A.J. (2001). *Fate and transport of microorganisms in air*. A: Hurst, C.J.; Crawford, R.L.; Knudsen, G.R.; McInerney, M.J.; Stetzenbach, L.D. (ed.). Manual of Environmental Microbiology. Washington, D.C., p. 827-838.
- Moll, I. (2002). *Epidemiologia des de l'edat mitjana fins a l'actualitat*. Revista Catalana d'Història de la Medicina i de la Ciència, vol. 37, p. 21-54.
- Montaña, D. (1993). *L'epidèmia de còlera de 1854 al Berguedà*. PPV. Barcelona.
- Moore, S.K.; Trainer, V.L.; Mantua, N.J.; Parker, M.S.; Laws, E.A.; Baker, L.C.; Reming, L.E. (2008). *Impacts of climate variability and future climate change on harmful algal blooms and human health*. Environmental Health 7, suppl. 2.

- Morens, D.M.; Folkers, G.K.; Fauci, A.S. (2004). *The challenge of emerging and re-emerging infectious diseases*. Nature, vol. 430, núm. 6996, p. 242-249.
- Morens, D.M.; Fauci, A.S. (2008). *Dengue and hemorrhagic fever: a potential threat to public health in the United States*. JAMA, vol. 229, p. 214-216.
- Morse, S. (1993). *Emerging viruses*. Oxford University Press. Oxford.
- Murphy, F.A. (2008). *Emerging zoonoses: the challenge for public health and biodefense*. Prev. Vet. Med., vol. 86, núm. 3-4, p. 216-223.
- Neumann, J.E.; Yohe, R.; Nicholls, R.; Manlon, M. (2000). *Sea-level rise and global climate change: a review of impacts to U.S. coasts*. Pew Center on Global Climate Change. Arlington.
- Niemi, G. et al. (2004). *Rationale for a New Generation of Indicators for Coastal Waters*. Environmental Health Perspectives, vol. 112, núm. 9, p. 979-986.
- Nord, M. et al. (2009). *Household food security in the United States, 2008*. US Department of Agriculture. Washington DC.
- Ogden, N.H.; Maarouf, A.; Barker, I.K; et al. (2006). *Climate change and the potential for range expansion of the Lyme disease vector Ixodes scapularis in Canada*. Int. J. Parasitol., vol. 36, p. 63-70.
- Orenstein, W.A.; Douglas, R.G.; Rodewald, L.E.; Hinman, A.R. (2005). *Immunizations in the United States: success, structure, and stress*. Health Aff (Millwood), vol. 24, núm. 3, p. 599-610.
- Oreskes, N. (2004). *Beyond the Ivory Tower. The Scientific Consensus on Climate Change*. Science, vol. 306, p. 1686.
- Paik, Y.H.; Ree, H.I.; Shim, J.C. (1988). *Malaria in Korea*. Jpn. J. Exp. Med., vol. 58, núm. 2, p. 55-56.
- Parkinson, A.J.; Butler, J.C. (2005). *Potential impacts of climatic change in infectious diseases on the Arctic*. International Journal of Circumpolar Health, vol. 64, p. 478-486.
- Pascual, M.; Dobson, A. (2005). *Seasonal patterns of infectious diseases*. PLoS Med., vol. 2, p. 5.
- Patz, J.A.; Khaliq, M. (2002). *Global climate change and health: challenges for future practitioners*. Journal of the American Medical Association. núm. 287, p.2283-2284.
- Patz, J.A.; Vavrus, S.J.; Uejio, C.K.; McLellan, S.L. (2008). *Climate change and waterborne disease risk in the Great Lakes Region of the U.S*. American Journal of Preventive Medicine, vol. 35, p. 451-458.

- Picó, M.J. (2007). *El canvi climàtic a casa nostra*. Bromera actual. Alzira.
- Piñol, J.; Terradas, J.; Lloret, F. (1998). *Climate warming, wildfire hazard, and wildfire occurrence in coastal eastern Spain*. Climatic Change, vol. 38, p. 345-357.
- Planes, J.A. (2005). *Còlera i vida quotidiana al Bisbat d'Urgell (1845-1885)*. El Farell, Centre d'Estudis d'Avià. Sant Vicenç de Castellet.
- Plantier, J.C.; Leoz, M.; Dickerson, J.E.; De Oliveira, F.; Cordonnier, F.; Lemée, V.; Damond, F.; Robertson, D.L.; Simon, F. (2009). *A new human immunodeficiency virus derived from gorillas*. Nat. Med., vol. 15, núm. 8, p. 871-872.
- Pontes, R.J.; Freeman, J.; Oliveira-Lima, J.W.; Hodgson, J.C.; Spielman, A. (2000). *Vectors densities that potentiate dengue outbreaks in a Brazilian city*. Am.J.Trop.Med.Hyg., vol 62, p. 378-383.
- Randolph, S.E. (2004). *Evidence that climate change has caused "emergence" of tick-borne diseases in Europe?* Int. J. Med. Microbiol., vol. 293, p. 5-15.
- Red Nacional de Vigilancia Epidemiológica. (2008). *Brucelosis en Espanya, 1991-2008*. Centro Nacional de Epidemiología, Madrid.
- Ree, H.I. (2000). *Unstable vivax malaria in Korea*. Korean J. Parasitol., vol. 38, p. 119-138.
- Reeves, W.C.; Hardy, J.L.; Reisen, W.; Milby, M.M. (1994). *Potential effect of global warming on mosquito-borne arboviruses*. J. Med. Entomol., vol. 31, p. 323-332.
- Ress, R. (1996). *Under the weather: climate and disease, 1700-1990*. History Today, vol. 46, p. 35-42.
- Rezza, G.; Nicoletti, L.; Angelini, R.; Romi, R.; Finarelli, A.; Panning, M.; Cordioli, P.; Fortuna, C.; Boros, S.; Magurano, F. (2007). *Infection with Chikungunya virus in Italy: an outbreak in a temperate region*. The Lancet, vol. 370, p. 1-7.
- Rezza, G. (2009). *Chikungunya and West Nile virus outbreaks: what is happening in north-eastern Italy?* European Journal of Public Health, vol. 19, núm. 3, p. 236-237.
- Robinson, M.C. (1955). *An epidemic of virus disease in Southern Province, Tanganyika Territory, in 1952-1953*. Trans. Royal Society Trop. Med. Hyg., vol. 49, p. 28-32.
- Robles, E.; García, F.; Bernabeu Mestre, J. (1996). *La transición sanitaria en Espanya desde 1900 a 1990*. Revista Española de Salud Pública, vol. 70, p. 221-223.
- Rodó, X.; Pascual, M.; Fuchs, G.; Faruque, A. (2002). *ENSO and cholera: a nonstationary link related to climate change?*. Proceedings of the National Academy of Sciences USA, vol. 99, p. 12901-12906.
- Rodríguez, E. (1983). *El cólera de 1834 en Granada: enfermedad catastrófica y crisis social*. Universidad de Granada, departamento de Historia de la Medicina. Granada.

- Roe, G.H.; Baker, M.B. (2007). *Why is climate sensitivity so unpredictable?* Science, vol. 318, p. 629-632.
- Roeleveld, N.; Bretveld, R. (2008). *The impact of pesticides on male fertility.* Curr Opin Obstet Gynecol, vol. 20, núm. 3, p.229-233.
- Rogers, D.J.; Randolph, S.E. (2006). *Climate change and vector-borne diseases.* Adv. Parasitol., vol. 62, p. 345-381.
- Rogers, D.J.; Wilson, A.J.; Hay, S.I.; Graham, A.J. (2006). *The global distribution of yellow fever and dengue.* Adv. Parasitol., vol. 62, p. 181-220.
- Rose, J.B.; Huq, A.; Lipp, E.; Health, K. (2001). *Climate and Infectious Disease: a global perspective.* American Academy of Microbiology. Washington DC.
- Rosenzweig, C. et al. (2000). *Climate change and U.S. Agriculture: The Impacts of Warming and Extreme Weather Events on Productivity, Plant Diseases, and Pests.* Center for Health and the Global Environment. Harvard Medical School.
- Rosenzweig, C. et al. (2001). *Climate change and extreme weather events: implications for food production, plant disease, and pests.* Global Change Human Health, vol. 2, p. 90-104.
- Rossini, G.; Cavrini, F.; Pierro, A. et al. (2008). *First human case of West Nile virus neuro invasive infection in Italy, September 2008-case report.* Euro Surveill, vol. 13, núm. 41.
- Rotaeche, V.; Hernández-Pezzi, G.; de Mateo, S. (2001). *Vigilancia epidemiológica del paludismo en Espanya, 1966-1999.* Boletín Epidemiológico, núm. 9 (03/21-32), p. 21-25.
- Saez, M.; Lertxundi-Manterola, A. (2005). *Canvi climàtic i salut. Informe sobre el Canvi Climàtic a Catalunya.* J.E. Llebot (eds.), Consell Assessor per al Desenvolupament Sostenible, Institut d'estudis Catalans, Servei Meteorològic de Catalunya. Barcelona.
- San Martin, J.L.; Brathwaite, O.; Zambrano, B. et al. (2010). *The epidemiology of dengue in the Americas over the last three decades: a worrisome reality.* Am. J. Trop. Med. Hyg., vol. 82, p. 12-35.
- Sandifer, P.; Holland, A.F.; Rowles, T.K.; Scott, G.I. (2004). *The oceans and human health.* Environmental Health Perspectives, vol. 112, p. 8.
- Sandifer, P.; et al. (2007). *Interagency oceans and human health research implementation plan: a prescription for the future.* Interagency Working Group on Harmful algal Blooms, Hypoxia and Human Health of the Joint subcommittee on Ocean Science and Technology. Washington, D.C.

- Schild, S.; Bishop, A.L.; Camilla, A. (2008). *Ins and outs of Vibrio cholerae*. Microbe, vol. 3, p. 131-136.
- Schnellhuber, H.J. (2008). *Global warming: Stop worrying, start panicking?* PNAS, vol. 105, p. 14239-14240.
- Semenov, S.M.; Gelfer, E.S.; Yasyukevich, V.V. (2002). *Temperature conditions for development of two species of malaria pathogens in Russia in 20th century*. Dokl. Akad. Nauk., vol. 387, p. 131-136.
- Semenza, J.C.; Menne, B. (2009). *Climate change and infectious diseases in Europe*. Lancet Infect. Dis., vol. 9, p. 365-375.
- Shindell, S.; Raso, J. (1997). *Global climate change and human health*. The American Council on Science and Health. Nova York.
- Shultz, A.; Omollo, J.O.; Burke, H.; Qassim, M.; Ochieng, J.B.; Weinberg, M.; Feikin, D.R.; Breiman, R.F. (2009). *Cholera outbreak in Kenyan refugee camp: risk factors for illness and importance of sanitation*. Am J. Trop. Med. Hyg., vol. 80, núm. 4, p. 640-645.
- Sidley, P. (2008). *Floods in Southern Africa result in cholera outbreak and displacement*. B.M.J., vol. 336, p. 471.
- Simini, B. (1997). *First case of indigenous malaria reported in Italy for 40 years*. The Lancet, vol. 350, p. 717.
- Schmaljohn, A.L.; McClain, D. (1996). *Alphaviruses (Togaviridae) and Flaviviruses (Flaviviridae)*. Baron's Medical Microbiology. Univ. Of Texas Medical Branch. Texas.
- Smolinsky, M.S.; Hamburg, M.A.; Lederberg, J. (ed). (2003). *Microbial Threats to Health in the 21st Century: Emergence, Detection and Response*. National Academic Press. Washington DC.
- Stainforth, D.A.; Aina, T.; Christensen, C. (2005). *Uncertainty in predictions of the climate response to rising levels of greenhouse gases*. Nature, vol. 433, p. 403-406.
- Steele, K.E.; Linn, M.J.; Schoepp, R.J.; Komar, N.; Geisbert, T.W.; Manudca, R.M.; et al. (2000). *Pathology of fatal West Nile virus infection in native and exotic birds during the 1999 outbreak in New York City*. Veterinary Pathology, vol. 37, p. 208-224.
- Stenseth, N.C.; Samia, N.I.; Viljugrein, H.; Kausrud, K.; Begon, M.; Davis, S.; Leirs, H.; Dubyanskiy, V.M.; Esper, J.; Ageyev, V.S.; Klassovski, N.L.; Pole, S.B.; Chan, K.S. (2006). *Plague Dynamics are driven by climate variation*. Proceedings of National Academy of Science, Washington, vol.103, p.13110-13115.

- Stern, N. (2008). *The Economics of Climate Change*. American Economic Review, vol. 98, p. 1-37.
- Stone, D.A.; Allen, M.R.; Scott, P.A. (2006). *A multi-model update on the detection and attribution of global surface warming*. Journal of Climate, in press.
- Thomson, M.C.; Connor, S.J. (2001). *The development of malaria early warning systems for Africa*. Trends Parasitol., vol. 17, núm. 9, p. 438-445.
- Thomson, M.C.; Doblas-Reyes, F.J.; Mason, S.J.; Hagendorn, R.; Connor, S.J.; Phindela, T.; Morse, A.P.; Palmer, T.N. (2006). *Malaria early warnings based on seasonal climate forecasts from multi-model ensembles*. Nature, vol. 439, núm. 7076, p. 576-579.
- Thorpe, L.E.; Frieden, T.R.; Laserson, K.F.; Wells, C.; Khatri, G.R. (2004). *Seasonality of tuberculosis in India: is it real and what does it tell us?* The Lancet, vol. 364, p. 1613-1614.
- Tsetsarkin, K.A.; Vanlandingham, D.L.; McGee, C.E.; Higgs, S. (2007). *A single mutation in Chikungunya virus affects vector specificity and epidemic potential*. PLoS Pathog, vol. 12, e201.
- Tucker, M.A. (2009). *Melanoma epidemiology*. Hematol. Oncol. Clin. North. Am., vol. 23, núm. 3, p. 383-395.
- van Lieshout, M.; Kovats, R.S.; Livermore, M.T.J.; Martens, P. (2004). *Climate change and malaria: analysis of the SRES climate and socio-economic scenarios*. Glob. Environ Change, vol. 14, p.87-99.
- Vandentorren, S. i Empereur-Bessonnet, P. (2005). *Health impact of the 2003 heatwave in France*. Extreme Weather Events and Public Health Responses, W. Kirch, B. Menne i R. Bertollini, eds., Springer, p.81-88.
- Vazeille, M.; Moutailler, S.; Coudrier, D. *et al.* (2007). *Two Chikungunya isolates from the outbreak of La Reunion (Indian Ocean) exhibit different patterns of infection in the mosquito Aedes albopictus*. PLoS ONE, vol. 11, e.1168.
- Viboud, C.; Pakdaman, K.; Boelle, P.Y.; *et al.* (2004). *Association of influenza epidemics with global climate variability*. Eur. J. Epidemiol., vol. 19, p. 1055-1059.
- Vidal, J.R.; Lucena, F. (1997). *Effects of the rains on microbiological quality of bathing waters in mediterranean areas*. Technical feasibility of an a priori measurement approach for managing bathing water quality. Report EUR 17801 EN. European Commission. Luxemburg.

- Vorou, R.M.; Papavassiliou, V.G.; Tsiodras, S. (2007). *Emerging zoonoses and vector-borne infectious humans in Europe*. Epidemiology Infections, vol. 135, núm. 8, p. 1231-1247.
- Walther, G.R.; Post, E.; Convey, P. (2002). *Ecological responses to recent climate change*. Nature, vol. 416, p. 389-395.
- Weiss, D.; Carr, D.; Kellachan, J.; Tan, C.; Phillips, M.; Bresnitz, E.; Layton, M. (2000). *Clinical Findings of West Nile Virus Infection in Hospitalized Patients, New York and New Jersey*. Emerg. Infect. Dis., vol. 7, p. 654-658.
- Weiss, R.; McMichael, A.J. (2004). *Social and environmental risk factors in the emergence of infectious diseases*. Nat Med., vol. 10, p. 70-76.
- White, C.M.; et al. (2005). *Energy and fuels*. Energy & Fuels, vol. 19, núm. 3, p. 659-724.
- WHO. (2003). *Emerging issues in water and infectious disease*. World Health Organization. Gènova.
- WHO. (2008). *Global malaria programme*. World Health Organization. Gènova.
- Wigley, T.M.L. (1999). *The science of climate change: global and U.S. perspectives*. Pew Center on Global Climate Change. Arlington.
- Wilder-Smith, A.; Schwartz, E. (2005). *Dengue in travelers*. N. Engl. J. Med., vol. 353, p. 924-932.
- Wilgoren, J. (1999). *New York city mosquito control is weak and late, experts say*. The New York Times, 8 de Setembre de 1999.
- Williams, C.; Burns, J.; Pawlowicz, M.; Carmichael, W. (2001). *Assessment of Cyanotoxins in Florida's lakes, reservoirs, and rivers. Palatka, FL*. St. Johns River Water Management District.
- Wilson, A.J.; Mellor, P.S. (2009). *Bluetongue in Europe: past, present and future*. Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci., vol. 364, núm. 1530, p. 2669-2681.
- Woodruff, R.E. (2005). *Epidemic early warning systems: Ross River virus disease in Australia. Integration of Public Health with Adaptation to Climate Change: Lessons Learned and New Directions*. K. Ebi, J. Smith, I. Burton, Eds. Taylor and Francis. Leiden, p. 91-113.
- Woolhouse, M.; Gaunt, E. (2007). *Ecological Origins of Novel Human Patogens*. Critical Reviews in Microbiology, vol. 33, p. 231-242.
- Yohannes, M.; Haile, M.; Ghebreyesus, T.A.; Witten, K.H.; Getachew, A.; Byass, P.; Lindsay, S.W. (2005). *Can source reduction of mosquito larval habitat reduce malaria transmission in Tigray, Ethiopia?* Tropical Medicine and International Health, vol. 10, núm. 12, p. 1274-1285.

Yusuf, S.; Piedimonte, G.; Auais, A.; *et al.* (2007). *The relationship of meteorological conditions to the epidemic activity of respiratory syncytial virus*. Epidemiol. Infect., vol. 35, p. 1077-1090.

Adreces electròniques:

http://gamapserver.who.int/mapLibrary/Files/Maps/Global_Chikungunya_ITHRiskMap.png

http://gamapserver.who.int/mapLibrary/Files/Maps/Global_ChoeraCases_ITHRiskMap.png

http://gamapserver.who.int/mapLibrary/Files/Maps/Global_DengueTransmission_ITHRiskMap.png

http://gamapserver.who.int/mapLibrary/Files/Maps/Global_EstimatedTB_ITHRiskMap.png

http://gamapserver.who.int/mapLibrary/Files/Maps/Global_Malaria_ITHRiskMap.JPG

http://gamapserver.who.int/mapLibrary/Files/Maps/Global_YFRisk_ITHRiskMap.png

<http://new.paho.org/hq/>

<http://www.cat-sostenible.org>

<http://www.cdc.gov>

<http://www.cdc.gov/spanish/enfermedades/dengue/viajero.htm>

<http://www.isciii.es>

<http://www.niehs.nih.gov>

<http://www.who.int>

http://www.who.int/csr/don/archive/disease/dengue_fever/en/index.html

<http://www.who.int/csr/outbreaknetwork/en/index.html>

<http://www.who.int/features/qa/54/es/index.html>

<http://www.who.int/features/qa/70/en/index.html>

<http://www.who.int/globalchange/en/index.html>

<http://www.who.int/malaria/publications/atoz/9789241563901/en/index.html>

<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs094/en/index.html>

<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs100/en/index.html>

<http://www.who.int/topics/cholera/surveillance/en/index.html>

<http://www.who.int/topics/dengue/en/>

http://www.who.int/topics/infectious_diseases/en/

<http://www.who.int/topics/tuberculosis/en/>

<http://www.who.int/topics/water/en/>

http://www.who.int/water_sanitation_health/database/en/index.html

----- ANNEXES -----

1. Taula amb les malalties i agents infecciosos de declaració obligatòria en els Estats Units d'Amèrica.

Enfermedades causadas por bacterias	<i>Staphylococcus aureus</i> resistentes a vancomicina (VRSA)
Carbunco	Enfermedades causadas por hongos (mohos, levaduras)
Botulismo	Coccidioidomicosis
Brucelosis	Criptosporidiosis
Chancro blando	Enfermedades causadas por virus
<i>Chlamydia trachomatis</i>	Síndrome de inmunodeficiencia adquirida (SIDA), infecciones pediátricas por VIH
Cólera	Encefalitis/meningitis (transmitida por mosquito)
Difteria	Serogrupo California
Ehrlichiosis	Equina del este
<i>Escherichia coli</i> enterohemorrágica	Powassan
<i>Escherichia coli</i> O157:H7	San Luis
Gonorrea	Equina del oeste
<i>Haemophilus influenza</i> y enfermedad invasiva equina del este	Oeste del Nilo
Enfermedad de Hansen (lepra)	Síndrome pulmonar por hantavirus
Síndrome urémico hemolítico	Hepatitis A, B, C
Legionelosis	Infección por VIH
Listeriosis	Adultos
Enfermedad de Lyme	Pediátrica (< 13 años)
Enfermedad meningocócica	Sarampión
Tos ferina	Paperas
Peste	Poliomielitis paralítica
Psitacosis	Rabia en animales y humanos
Fiebre Q	Rubeola, síndrome agudo y congénito
Fiebre botonosa	Síndrome agudo respiratorio severo (SARS)
Salmonelosis	Viruela
Shigelosis	Varicela
Enfermedad estreptocócica, invasiva, grupo A	Fiebre amarilla
Síndrome del choque tóxico estreptocócico	Enfermedades causadas por protistas
<i>Streptococcus pneumoniae</i> , resistente enfermedad invasiva	Ciclosporiasis
Sífilis	Malaria
Tétanos	Giardiasis
Síndrome de choque tóxico	Enfermedades causadas por helmintos
Tuberculosis	Triquinosis
Tularemia	
Fiebre tifoidea	
<i>Staphylococcus aureus</i> intermedios a vancomicina VISA.	

Font: Madigan et al., 2009.

2. Taula amb els sistemes de vigilància per la notificació i seguiment de malalties infeccioses del Centre Nacional per les Malalties Infeccioses (NCID) en els Estats Units d'Amèrica.

Sistema de vigilancia (acrónimo)	Responsabilidad de vigilancia de la enfermedad
Sistemas de información en 121 ciudades	Gripe, neumonía y todas las muertes
Núcleo activo de vigilancia bacteriana	Enfermedades bacterianas invasivas
Estudio BaCon	Contaminaciones bacterianas asociadas a transfusiones de sangre
Proyecto de seguimiento de enfermedades infecciosas en fronteras (BIDS)	Enfermedades infecciosas a lo largo de la frontera US-México
Red de vigilancia de diálisis (DSN)	Infecciones de acceso vascular y resistencia bacteriana en enfermos de hemodiálisis
Sistema electrónico de información e investigación de brotes epidémicos transmitidos por alimentos (EFORS)	Epidemia por alimentos
EMERGENCY ID NET	Enfermedades infecciosas emergentes
Red de vigilancia activa de enfermedades debidas a alimentos (FOODNET)	Enfermedades por alimentos
Red centinela de las infecciones emergentes globales	Enfermedades emergentes globales
Proyecto de vigilancia de aislamientos gonocócicos	Resistencia antimicrobiana en <i>Neisseria gonorrhoeae</i>
Red de alerta en salud	Notificación de amenazas para la salud, especialmente para bioterrorismo
Vigilancia y respuesta integrada a enfermedades (IDSR)	Iniciativa de la organización mundial de la salud (WHO/AFRO) para las enfermedades infecciosas en Africa
Epidemiología de la resistencia a los antimicrobianos en cuidados intensivos (ICARE)	Uso de antimicrobianos y resistencia a ellos en centros clínicos
Red internacional para el estudio y prevención de la emergencia de resistencia a antimicrobianos (INSPEAR)	Emergencia global de microorganismos resistentes a fármacos
Red de respuesta de laboratorios (LRN)	Bioterrorismo, terrorismo químico, emergencias en salud pública
Red de laboratorios de sarampión	Sarampión en América
Sistema nacional de monitorización de la resistencia a los antimicrobianos: Bacterias entéricas (NARMS)	Resistencia a los antimicrobianos en cepas humanas de <i>Salmonella</i> no tifoidea <i>Escherichia coli</i> O157:H7, y <i>Campylobacter</i> procedentes de alimentos y productos agrícolas
Vigilancia nacional de malaria	Malaria en Estados Unidos
Red nacional de subtipaje para la vigilancia de enfermedades transmitidas por alimentos (PulseNet)	Huella dactilar molecular de bacterias que se transmiten por alimentos
Sistema nacional de vigilancia de infecciones nosocomiales (NNIS)	Infecciones asociadas a centros de salud
Sistema de vigilancia de enfermedades de declaración obligatoria nacional (NNDSS)	Enfermedades infecciosas de declaración obligatoria (véase Tabla 33.4)
Sistema nacional de vigilancia de virus respiratorios y entéricos (NREVSS)	Virus respiratorio sincitial (VRS), virus de la parainfluenza humana, adenovirus respiratorios y entéricos, y rotavirus
Sistema nacional de vigilancia de trabajadores de centros de salud (NaSH)	Infecciones profesionales de los trabajadores de los centros de salud
Red nacional de vigilancia y genotipado de la tuberculosis	Genotipado de la tuberculosis
Sistema nacional de vigilancia del virus del oeste del Nilo	Virus del oeste del Nilo
Sistema de información de los laboratorios de salud pública (PHLIS)	Enfermedades de declaración obligatoria
Programa de agentes seleccionados (SAP)	Regulación de agentes potenciales de bioterrorismo
Vigilancia de resistencias emergentes a antimicrobianos conectada con los servicios de salud (SEARCH)	Resistencia emergente a antimicrobianos en centros de salud
Sistema de vigilancia de muertes no explicadas y enfermedades críticas	Enfermedades infecciosas emergentes en todo el mundo
Red de vigilancia de médicos centinelas de la gripe en Estados Unidos	260 centros clínicos que comunican la incidencia y prevalencia de las infecciones gripales
Programa de vigilancia de hepatitis virales (VHSP)	Hepatitis virales
Sistema de vigilancia de brotes de enfermedades transmitidas por el agua	Enfermedades transmitidas por el agua

Font: Madigan *et al.*, 2009.

3. Morts a nivell mundial degut a malalties infeccioses a l'any 2002.

Enfermedad	Muertes	Agente(s) causal(es)
Infecciones respiratorias agudas ^{a, b}	3.963.000	Bacterias, virus, hongos
Síndrome de inmunodeficiencia adquirida (SIDA)	2.777.000	Virus
Enfermedades diarreicas	1.798.000	Bacterias, virus
Tuberculosis ^a	1.566.000	Bacteria
Malaria	1.272.000	Protista
Sarampión ^a	611.000	Virus
Tos ferina ^a	294.000	Bacteria
Tétanos ^a	214.000	Bacteria
Meningitis bacteriana ^a	173.000	Bacteria
Hepatitis (todos los tipos) ^c	157.000	Virus
Sífilis	153.000	Bacteria
Leishmaniosis	51.000	Protista
Tripanosomiasis (enfermedad del sueño)	48.000	Protista
Clamidiasis	16.000	Bacteria
Esquistosomiasis	15.000	Helminto
Enfermedad de Chagas	14.000	Helminto
Encefalitis japonesa	14.000	Virus
Dengue	13.000	Virus
Enfermedades intestinales por nemátodos	12.000	Helminto
Otras enfermedades declarables	1.700.000	Varios agentes

Font: Madigan *et al.*, 2009.

4. Butlletí Epidemiològic Setmanal (2009).

Enfermedades de declaración obligatoria. Situación general. 2008-2007 (Datos definitivos a 13/07/2009)							
ENFERMEDADES	CODIGO OMS 9 REV 1975	2008			2007		
		Casos	Tasas	I.E. Acum.	Casos	Tasas	I.E. Acum.
Enfermedades de transmisión alimentaria							
Botulismo	005.1	7	0,02		9	0,02	
Cólera	001	0	0,00		2	0,00	
Disenteria	004	360	0,81	1,99	219	0,50	1,21
F. tifoidea y paratifoidea	002	79	0,18	0,94	75	0,17	0,74
Triquinosis	124	50	0,11		115	0,26	
Enfermedades de transmisión respiratoria							
Enfermedad Meningocócica	036	768	1,72	0,88	830	1,88	0,94
Gripe	487	629.504	1.408,68	0,92	681.988	1.541,85	0,51
Legionelosis	482.8	1.334	2,99		1.178	2,66	
Meningitis tuberculosa	013.0,320.4	103	0,23		111	0,25	
Tuberculosis respiratoria	011	6.619	14,81	1,02	6.546	14,80	1,01
Varicela	052	125.706	281,30	0,71	153.099	346,13	0,85
Enfermedades de transmisión sexual							
Infección gonocócica	098.0,098.1	1.897	4,25	1,64	1.698	3,84	1,60
Sífilis	091	2.545	5,70	1,89	1.936	4,38	1,68
Enfermedades prevenibles por inmunización							
Difteria	032	0	0,00		0	0,00	
Parotiditis	072	3.845	8,60	1,56	10.343	23,38	4,21
Poliomielitis	045	0	0,00		0	0,00	
Rubéola	056	63	0,14	0,71	60	0,14	0,53
Sarampión	055	308	0,69	1,28	241	0,54	2,71
Tétanos	037	15	0,03		12	0,03	
Tos Ferina	033	663	1,48	1,25	554	1,25	1,45
Hepatitis víricas							
Hepatitis A	070.0,070.1	2.250	5,03		1.002	2,27	
Hepatitis B	070.2,070.3	1.011	2,26		931	2,10	
Otras hepatitis víricas	070	755	1,69		698	1,58	
Zoonosis							
Brucelosis	023	170	0,38	0,48	263	0,59	0,41
Rabia	071	0	0,00		0	0,00	
Enfermedades importadas							
Fiebre amarilla	060	0	0,00		0	0,00	
Paludismo	084	347	0,78		345	0,78	
Peste	020	0	0,00		0	0,00	
Tífus exantemático	080	0	0,00		0	0,00	
Enfermedades declaradas sistemas especiales							
Lepra	030	18	0,04		19	0,04	
Rubéola congénita	771.0	1	0,00		0	0,00	
Sífilis congénita	090	20	0,04		19	0,04	
Tétanos neonatal	771.3	0	0,00		0	0,00	
COMENTARIO GENERAL							
(1) Índice epidémico para una enfermedad dada es la razón entre los casos presentados en la semana correspondiente (o los casos acumulados hasta dicha semana si se trata de I.E. acumulado) y los casos que se esperan o prevén (mediana del quinquenio anterior) para la misma semana. Si el valor del índice se encuentra entre 0,76 y 1,24 la incidencia se considera normal, si es menor o igual a 0,75 incidencia baja, si es mayor o igual a 1,25 incidencia alta. En enfermedades de baja incidencia este índice no es de utilidad dado que pequeñas oscilaciones en el número de casos producen grandes variaciones en dicho índice.							
FUENTE: Enfermedades de Declaración Obligatoria. Centro Nacional de Epidemiología.							

Font: Instituto de Salud Carlos III, vol. 17, núm. 14, p. 157-168.

5. Entrevista a Xavier Rodó.

Xavier Rodó i López (Terrassa, 1965) és llicenciat en Biologia i l'any 1997 es doctorà en ciències biològiques per la Universitat de Barcelona (UB). Ha estat docent en ecologia a la UB, en estadística aplicada a la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), investigador del Departament de Meteorologia i Astronomia de la UB i professor extern en el programa de doctorat de la Càtedra Unesco de Sostenibilitat a la UPC.

El Dr. Rodó és el director del Laboratori de Recerca del Clima (LRC) del Parc Científic de Barcelona (PCB) i també dirigeix l'Institut Català de Ciències del Clima (IC³) des de la seva constitució l'any 2008. L'IC³ té la missió d'avançar en el coneixement de la gènesi i la dinàmica del clima i millorar la predicció de les variacions dels fenòmens meteorològics i el canvi climàtic, per tal d'augmentar la capacitat de la societat d'adaptar-s'hi i de mitigar-ne els efectes negatius.

Els interessos científics del Dr. Rodó se centren, entre altres àmbits, en les connexions entre els fenòmens tropicals de més alta energia i la dinàmica del sistema climàtic a latituds extratropicals, així com en el desenvolupament d'eines estadístiques i matemàtiques modulades per factors climàtics que permetin incrementar la predictibilitat associada a l'aparició de brots epidèmics. Altres camps que centren l'interès del Dr. Rodó són el clima mediterrani i les teleconnexions tropicals, el pronòstic estacional, la dinàmica d'ENSO (El Niño Southern Oscillation), el paper de la variabilitat del clima sobre el cicle global del carboni, així com la detecció i simulació dels impactes climàtics. En particular, està involucrat en l'estudi de com l'impacte de l'ENSO es transmet i es barreja amb la dinàmica climàtica de l'Atlàntic tropical i com a través d'aquesta interacció arriba la seva influència fins a la Mediterrània. En aquesta línia de recerca també s'avalua quin és el rol del monso de l'oceà Índic i de les oscil·lacions climàtiques més parsimonioses de l'Atlàntic en la modulació d'aquesta interacció mitjançant models estadístics i dinàmics.

En aquest últim camp, centra la seva recerca fonamentalment en les malalties infeccioses i epidèmies i la seva relació amb el clima. Recentment també ha treballat sobre els impactes del canvi climàtic en el cicle hidrològic. El desenvolupament de tècniques estadístiques per millorar el clima de diagnòstic és un altre dels seus interessos principals. Finalment, però no menys important, també està involucrat en

l'estudi de les interaccions entre el clima i la biogeoquímica a través de l'estudi dels components atmosfèrics del cicle del carboni. Això es fa per mitjà d'un operatiu conjunt d'estacions de vigilància de les concentracions de CO₂ a la Península Ibèrica i la utilització d'analitzadors de CO₂ en suspensió en l'aire i un conjunt de models.

A continuació es detalla l'entrevista realitzada al Dr. Rodó, que és de transcripció lliure per part de l'entrevistador.

- Hi ha prou evidències per confirmar que el canvi climàtic pot afectar a les malalties infeccioses? A totes o només algunes? De quina manera?

- Sí, hi ha certes evidències que manifesten que tant el clima com el canvi climàtic poden afectar a les malalties infeccioses. Tot i així, existeix certa controvèrsia i calen registres estrictes i fiables de sèries de dades epidemiològiques i climàtiques per testar aquesta hipòtesi, ja que a dia d'avui no hi ha gaires registres. De les malalties infeccioses que es poden veure afectades pel canvi climàtic i que se sàpiga a hores d'ara, n'hi ha que es transmeten o bé per l'aigua, pels aliments, per diversos vectors i aquelles que tenen hostes intermitjos o zoonòtiques. El comportament que poden tenir amb el canvi climàtic es coneix poc, possiblement perquè estan majoritàriament distribuïdes als països no industrialitzats, com per exemple la malària, de la qual cal conèixer millor la seva epidemiologia per tal d'optimitzar els recursos a l'abast per minimitzar els seus efectes. Sí que existeix la constància ja de com a mínim tres malalties que són afectades pel canvi climàtic, per exemple la malaltia vírica de la llengua blava, que afecta a ovelles i remugants; la malària en determinades zones del planeta, que es veu afectada per canvis en precipitacions, temperatura, humitat del sòl i en la interacció d'aquests amb els usos del sòl i on el problema recau sobretot en les fronteres de les zones endèmiques; i la pesta per exemple a l'Àsia Central, on com a resultat de la disminució de les campanyes de control de rosegadors lligats als nuclis habitats, aquests han proliferat molt en produir-se una disrupció dels patrons de pluviositat i temperatura que ha afectat també la vegetació local. El comportament d'altres malalties infeccioses en molts casos té relació més o menys intensa amb el clima, però no està demostrat encara que el canvi climàtic hagi ja tingut efectes discernibles, perquè caldrien sèries de dades més llargues per fer-ho.

- Es té constància de totes les malalties potencialment emergents o reemergents pel canvi climàtic?

- Tinc la sensació que encara no totes o com a mínim no en la seva magnitud real. Això es deu que hi ha molts factors que hi influeixen, com ara l'estructura demogràfica de les poblacions humanes, la distribució dels vectors i la tipologia dels patògens (per exemple serotips i soques circulants). Aquests darrers tenen cicles vitals més ràpids i experimenten majors canvis evolutius, i totes aquestes interaccions estan en un equilibri inestable. Quan en un dels estadis es produeix una afectació climàtica diferent o nova, es dona una reestructuració i l'equilibri en la relació malaltia-població varia, degut que ni els vectors ni els humans estan adaptats als canvis. Aquesta no adaptació als canvis és semblant a la que es produeix en les zones on les malalties no són habituals i reergeixen, com ara les zones de frontera o 'fringes' de les àrees endèmiques de certes malalties (deserts a l'Àfrica occidental o zones altes a l'oriental), i per tant hi ha major incidència i més mort en el cas de la irrupció del patogen a través dels canvis en la distribució dels vectors. Clarament en aquest cas, l'absència d'immunitat en la població per una no-exposició a la malaltia, encara en complica més la prevenció. Quan les condicions del medi varien, i un agent de variació pot ser el clima, potencialment la incidència és major, encara que això no té perquè donar-se sempre, depèn de la malaltia.

- Com poden afectar fenòmens com *el Niño* a malalties com el còlera?

- La variabilitat climàtica a escala interanual està modulada en gran part per l'acoblament oceà-atmosfera que es produeix al Pacífic tropical, que és l'oceà tropical més gran del planeta. El comportament de la cèl·lula de Walker i la interacció d'aquesta circulació amb les celdes de Hadley zonals és clau per entendre el fenomen del Niño-Southern Oscillation (ENSO), que intervé en la modulació de la pluviositat per exemple a l'Índia i Bangla Desh, entre d'altres zones on el còlera és endèmic. El que passa al Pacífic tropical condiciona les pluges a l'Índia, on en general hi ha un augment de la pluviositat associat als episodis de *la Niña*. Els darrers estudis confirmen que existeix una relació entre els episodis de pluges i la incidència del còlera: les pluges torrencials, el desbordament de les aigües, la disrupció d'infraestructures, poden augmentar el

contacte d'aigua potable amb aigües fecals i incrementar així els casos de còlera, tot i que aquest és només un dels mecanismes possibles que lliguen clima i malaltia en aquest cas. Però també hi ha un augment de la incidència de casos de còlera en períodes de sequera, ja que augmenta la concentració de població a l'entorn dels limitats punts d'aigua potable, augmentant-se així tant la taxa de contacte entre el patogen i les persones per la seva proximitat, com la taxa d'infeccions secundàries.

- De quina manera pot afectar a la zona del Mediterrani, i concretament a Catalunya el canvi climàtic? I a nivell de salut?

- A Catalunya pot tenir efectes notoris sobretot en malalties lligades a animals de granja, com ara la coneguda malaltia viral de la llengua blava, que ha causat estralls ja al nord d'Àfrica, la Península i les Illes en remugants. La leishmaniasis cutània també s'està estenent des del nord d'Àfrica per transport zoonòtic, com els gossos o rosegadors. La propagació de malalties infeccioses, però, està molt lligada al sistema de salut pública i a les condicions de salubritat i resposta sanitària de cada país, per tant respecte la salut humana, a Catalunya no hi hauria d'haver moltes diferències en incidències d'emergents com aquestes en un futur, perquè tenim un sistema de salut pública prou potent com per respondre a possibles eventualitats d'aquest tipus. Pel que fa al clima al Mediterrani, i per tant a Catalunya, es preveu una disminució en la mitjana de pluges, i paral·lelament un augment en la variabilitat d'aquestes, és a dir, cau menys aigua però hi ha una distribució més torrencial d'aquesta. Aquest fet pot afectar a malalties que tenen el seu cicle lligat a l'aigua i poden entrar en contacte amb l'home a través de l'alimentació, com malalties ocasionades per rotavirus, *E.coli*, adenovirus, etc. De les malalties transmeses per vectors, com el dengue o Chikungunya, sí que hi ha hagut una propagació d'un dels vectors, el famós mosquit tigre, però no existeix a aquí la mateixa portabilitat per part del vector que a Amèrica del Sud o altres zones; per tant malgrat que el perill existeix, el que pot passar és una incògnita. L'alarma és clar rau en que en aquest cas no hi ha encara una vacuna contra el dengue. D'altra banda, hi ha certa preocupació a la Unió Europea per les 'tick-borne diseases', com va passar en l' europeu de Suïssa l'any passat o envers els països de l'antiga URSS, en quant a malalties lligades al cicle de l'aigua en aquelles zones, o les zoonòtiques transmeses per rosegadors. Preocupa perquè aquests països són la porta d'entrada a l'Europa occidental

i aquestes són malalties relacionades amb zones on la salubritat no és bona, i últimament les campanyes de control de rosegadors en aquests països han cessat degut a la davallada de les seves economies.

- Què s'espera sobre la distribució i incidència mundial del còlera?

- El còlera és una malaltia lligada a la pobresa. És molt comuna en camps de refugiats per exemple davant catàstrofes humanitàries a l'Àfrica, on l'accés a l'aliment i a l'aigua potable i on tampoc hi ha expectatives d'una bona potabilització de l'aigua. El tractament, que és simplement la rehidratació dels malalts, tampoc no gaudeix d'una àmplia distribució i per tant no està fàcilment a l'abast. Existeixen models matemàtics que ens ajuden a entendre com funciona la malaltia i poden usar-se per preveure, mitjançant una aproximació probabilista, la incidència del còlera, però en aquest cas es tracta clarament d'un problema de recursos.

- Què s'espera sobre la distribució i incidència mundial de la malària?

- Avui dia hi ha molta controvèrsia i diners enmig de la recerca de la incidència futura que pot tenir la malària globalment. Cal vacunar, però també cal invertir en conèixer com ha canviat la malària històricament i com canviarà la seva distribució en el futur, i així poder rendibilitzar l'economia en campanyes per la minimització de la incidència, i maximitzar d'aquesta manera els recursos en prevenció i també l'eficiència en les possibles campanyes de vacunació. Existeixen avui dia eines, com els models matemàtics i estadístics, que poden englobar variables ambientals, demogràfiques, i d'altres per preveure l'evolució de la malària, però cal invertir molt més des dels governs i les agències internacionals, en el seu desenvolupament.

- Avui dia que s'està fent per relacionar canvi climàtic i malalties infeccioses?

- S'estan desenvolupant models teòrics per entendre com es propaguen aquestes, a l'hora que s'estan aplicant models matemàtics i estadístics complexos que utilitzen

bases de dades empíriques. Els models predictibles són bons, però estan ajustats a les sèries de dades històriques recollides fins a dia d'avui, que en la majoria de casos no són abundants ni fiables. Ens cal doncs iniciar com es fa amb el clima, la recollida de sèries de dades fiables i continuades en el temps, de la incidència de les principals malalties (algunes de les quals no són de declaració obligatòria), i dels condicionants ambientals i internes a la població i als cicles epidemiològics per poder tenir una idea precisa dels valors de paràmetres clau per un bon funcionament dels models (per ex., transmissibilitat, immunitat, taxes de contacte, força d'infecció de cada epidèmia a cada lloc, demografia, etc.). Aquestes dades s'haurien de prendre rutinàriament i d'aquí a unes dècades podríem tenir models molt més precisos. Normalment, fem servir models dinàmics, que utilitzen equacions diferencials, on s'introdueixen diferents paràmetres i variables, com el cicle vital de l'hoste, el del patogen, la interacció dinàmica en relació als humans, i també hi entren les variables en el clima en diferents paràmetres. Són models complexos ajustats a les moltes incerteses existents i futures, perquè cal introduir les incerteses que pot tenir el sistema climàtic, com evoluciona la pròpia malaltia, l'evolució de la demografia humana, la immigració, etc.

- Quines línies de futur es poden traçar per conèixer la distribució de les malalties infeccioses en relació amb el canvi climàtic i prevenir-les?

- El coneixement és com sempre poder, capacitat d'anticipació, eficiència, minimització en el malbaratament dels escassos recursos, i el que és més important, reducció en el nombre d'afectats i de morts per causa d'aquests brots epidèmics. Cal doncs, incrementar notablement el nostre coneixement científic per millorar les estratègies de mitigació i per això com sempre, calen recursos econòmics, cal invertir més diners en recerca. No només ens hem de centrar en els enfocats des de l'epidemiologia clàssica i el desenvolupament de vacunes –que també-, sinó que a més cal que la investigació s'estengui a altres dominis científics. Cal doncs una recerca transdisciplinària integradora per visualitzar la dinàmica de les diferents malalties a nivell mundial i a àrees geogràfiques d'especial interès per la seva incidència actual o per aquella prevista en un futur.